WWW.ELCOMDESIGN.RU



Электронные компоненты

Журнал для разработчиков: компоненты, решения, теория, опыт, события, обзоры

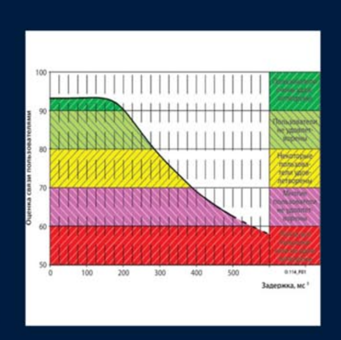
4/2011

Тема номера: мультимедиа и телеком

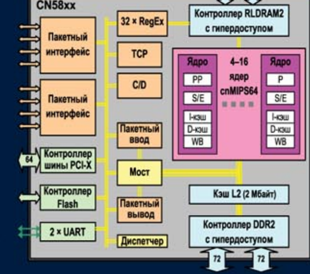
(с. 6) *Алексей Сурма, начальник НТЦ, «Протон-Электротекс»: «…наши приборы соответствуют мировому уровню»*



(с. 18) *Проблемы высококачественной телефонии*



(с. 77) *Многоядерные сетевые процессоры*



ОПТОПАРЫ СО СКЛАДА

RENESAS

PS2501(A)

2 руб. 19 коп.

	КОРПУС	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ ТОКА CTR, %	ТОК СВЕТОДИОДА (MAX), МА	ТОК КОЛЛЕКТОРА (MAX), МА	НАПРЯЖЕНИЕ КОЛЛЕКТОР-ЭМИТТЕР (max), В	ЦЕНА*, руб.
	DIP 4	PS2501-1-A	80…600	80	50	80	2,59
		PS2501-1L-A	200…400	80	50	80	2,59
		PS2501-1K-A	300…600	80	50	80	2,59
	SMD4	PS2501L-1-F3-A	80…600	80	50	80	2,59
		PS2501L-1K-F3-A	300…600	80	50	80	2,59
		PS2501L-1L-F3-A	200…400	80	50	80	2,59
		PS2501L-1W-F3-A	130…260	80	50	80	2,59
	DIP 4	PS2501A-1-A	50…400	30	30	70	2,19
		PS2501A-1L-A	200…400	30	30	70	2,19
	SMD4	PS2501AL-1-F3-A	50…400	30	30	70	2,19
		PS2501AL-1L-F3-A	50…400	30	30	70	2,19
		PS2501AL-1W-F3-A	130…260	30	30	70	2,19

* Цены указаны за 1 шт. для заказов от 1000 штук со склада ЭЛТЕХ и рассчитаны при курсе Евро 40,7 рублей. В цены включены налоги и пошлины. При больших проектах возможны дополнительные скидки.

Оптопара PS2501(A) совместима электрически и по выводам с распространенными оптопарами других производителей: PC817, PC816, PC812, TLP321, TLP521, H11A817, FOD817, K1010

renesas@eltech.spb.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР RENESAS

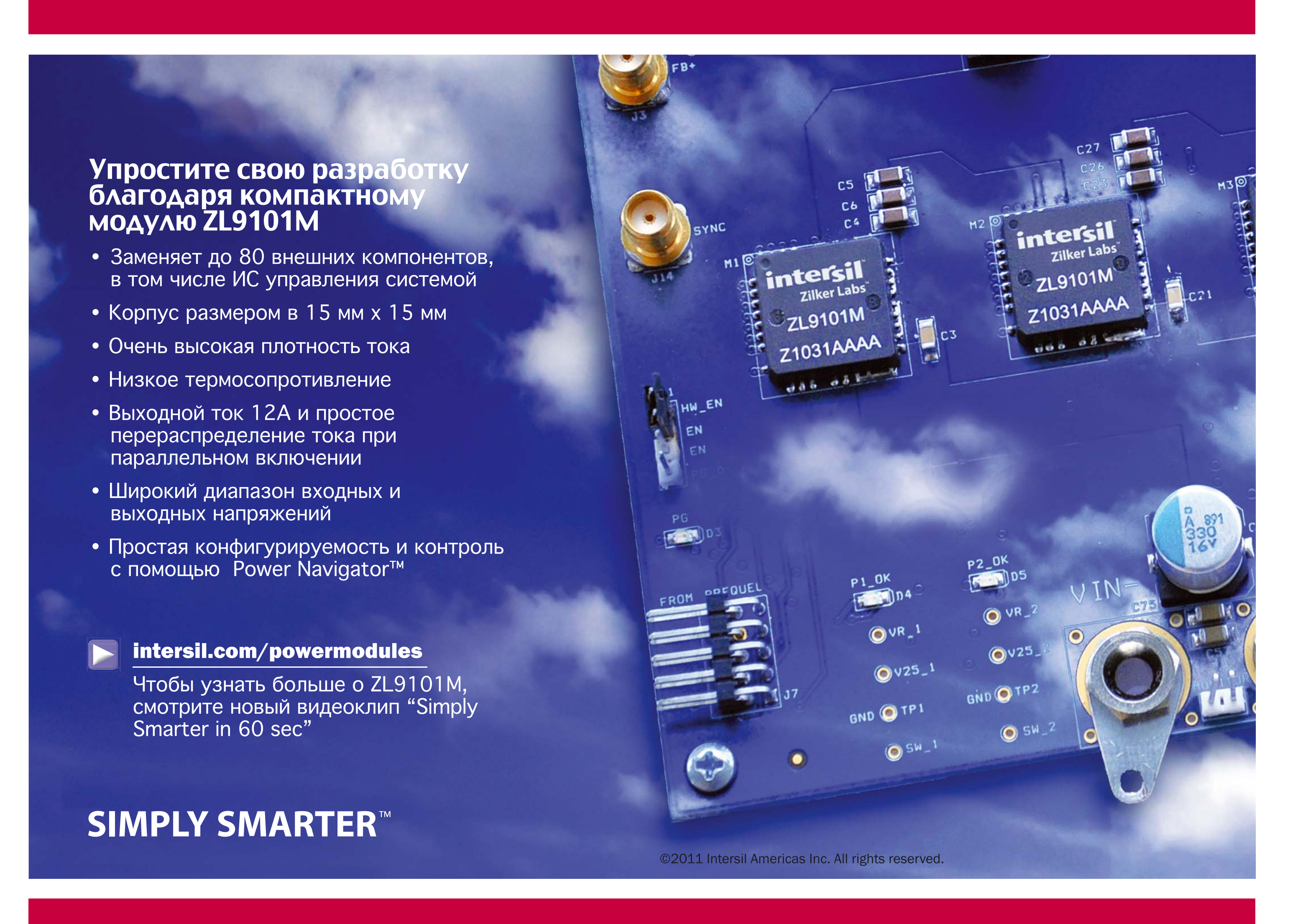


Санкт-Петербург ул. Двинская, д.10, к.6 тел.: (812) 635-50-60 факс: (812) 635-50-70 info@eltech.spb.ru

Москва (495) 788-5948, (495) 788-5946
Новосибирск (383) 363-3550, (383) 363-3808
Екатеринбург (343) 253-1707, (343) 253-1708
Ростов-на-Дону (863) 206-2020, (863) 206-2040
Чебоксары (8352) 563-878, (8352) 560-505

www.eltech.spb.ru

ПЕРВОКЛАССНЫЙ СЕРВИС ИЗ ПЕРВЫХ РУК



Упростите свою разработку благодаря компактному модулю ZL9101M
• Заменяет до 80 внешних компонентов, в том числе ИС управления системой
• Корпус размером в 15 мм x 15 мм
• Очень высокая плотность тока
• Низкое термосопротивление
• Выходной ток 12А и простое перераспределение тока при параллельном включении
• Широкий диапазон входных и выходных напряжений
• Простая конфигурируемость и контроль с помощью Power Navigator™
intersil.com/powermodules
Чтобы узнать больше о ZL9101M, смотрите новый видеоклип “Simply Smarter in 60 sec”
SIMPLY SMARTER™
intersil
Zilker Labs
ZL9101M
Z1031AAAA
©2011 Intersil Americas Inc. All rights reserved.

содержание

№4/2011

Руководитель направления «Разработка электроники» и главный редактор **Леонид Чанов**; ответственный секретарь **Марина Грачёва**; редакторы: **Елизавета Воронина**; **Виктор Ежов**; **Екатерина Самкова**; **Владимир Фомичёв**; **Леонид Чанов**; редакционная коллегия: **Валерий Григорьев**; **Борис Рудяк**; **Владимир Фомичёв**; **Леонид Чанов**; реклама: **Антон Денисов**; **Ольга Дорофеева**; **Елена Живова**; распространение и подписка: **Марина Панова**, **Василий Рябишников**; вёрстка, дизайн: **Александр Житник**; **Михаил Павлюк**; директор издательства: **Михаил Симаков**

Адрес издательства: *Москва,*115114, ул. Дербеневская, д. 1, п/я 35
тел.: (495) 741-7701; **факс**: (495) 741-7702; **эл. почта**: info@elcp.ru, www.elcp.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА: **Мир электроники (Самара)**: 443080, г. Самара, ул. Революционная, 70, литер 1; тел./факс: (846) 267-3139, 267-3140; e-mail: info@eworld.ru, www.eworld.ru. **Радиоэлектроника**: 620107, г. Екатеринбург, ул. Гражданская, д. 2, тел./факс: (343) 370-33-84, 370-21-69, 370-19-99; e-mail: info@radioel.ru, www.radioel.ru. **ЭЛКОМ (Ижевск)**: г. Ижевск, ул. Ленина, 38, офис 16, тел./факс: (3412) 78-27-52, e-mail: office@elcom.udmlink.ru, www.elcompany.ru. **ЭЛКОТЕЛ (Новосибирск)**: г. Новосибирск, м/р-н Горский, 61; тел./факс: (3832) 51-56-99, 59-93-31; e-mail: info@elcotel.ru, www.elcotel.ru. **Издательство «Электроника инфо»**: 220015, Республика Беларусь, г. Минск, пр.Пушкина 29Б. Тел./факс: +375 (17) 204-40-00. E-mail:electronica@nsys.by, www.electronica.by. **IMRAD (Киев)**: 03113, г. Киев, ул. Шутова, д. 9, оф. 211; тел./факс: +380 (44) 495-2113, 495-2110, 495-2109; e-mail: imrad@tex.kiev.ua, www.imrad.kiev.ua



Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВНИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory». Использование материалов возможно только с согласия редакции. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Электронные компоненты» обязательна. Ответственность за достоверность информации в рекламных объявлениях несут рекламодатели.

Индекс для России и стран СНГ по каталогу агентства «Роспечать» — 47298, индекс для России и стран СНГ по объединенному каталогу «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы» — 39459. Свободная цена. Издание зарегистрировано в Комитете РФ по печати. ПИ №77-17143.

Подписано в печать 13.05.2011 г.
Учредитель: ООО «ИД Электроника». Тираж 3000 экз.
Изготовлено ООО «Стратим». 152919, г. Рыбинск, Ярославская обл., ул. Волочаевская, д. 13.



ИНТЕРНЕТ МАГАЗИН
Elitan.ru
МОСКВА
телефон (495)
649-84-45
Факс 495 646-80-01
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
телефон (812)
313-28-33
Факс 812 313-28-44
ИЖЕВСК
телефон (3412)
50-33-30
Факс 3412 51-84-29
ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТ
КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
1 000 000 товаров от 999 изготовителей
● Минимальный заказ не ограничен
● 12 способов доставки по России и за рубеж
● Удобная система оплаты:
Банк, VISA, MasterCard, Webmoney, ЯндексДеньги, RBK Money.
● Ежедневное обновление склада
● Отслеживание состояния заказа через сайт
ЭЛИТАН®
info@elitan.ru www.elitan.ru
VISA
MasterCard
WebMoney
Яndex деньги
RBK Money
СБЕРБАНК РОССИИ
ПОЧТА РОССИИ

contents #4/2011

ELECTRONIC COMPONENTS #4 2011

«ПРОТОН-ЭЛЕКТРОТЕКС» — УВЕРЕННОСТЬ В ЗАВТРАШНЕМ ДНЕ

С Алексеем Маратовичем Сурмой, лауреатом премии Правительства РФ, начальником НТЦ орловской компании ЗАО «Протон-Электротекс», мы познакомились в марте на нашей конференции «Силовая электроника». В его докладе о продукции компании сквозила уверенность и… чувство собственного достоинства. Надо сказать, для этого были все основания. Продукция компании — силовые полупроводниковые приборы — превосходит большинство российских аналогов, и более половины ее объема уходит на экспорт. Очень немногие российские компании могут заявить о подобных результатах. Чего уж греха таить, к сожалению, далеко не все отечественные предприятия, работающие на рынке электроники, чувствуют себя уверенно. Благополучие ряда из них определяется госфинансированием, а об экспорте речи даже не заходит. На этом фоне достижения орловчан выглядят еще более впечатляюще, и мы, конечно, не могли упустить возможности об этом поговорить.

– Алексей Маратович, расскажите, пожалуйста, об истории и основных направлениях деятельности вашей компании.

– Профиль нашего предприятия был выбран в результате маркетинговых исследований, показавших растущую потребность в силовых полупроводниковых приборах. Продукция таллиннского завода после распада СССР стала практически недоступна, а саранский завод «Электровыпрямитель» не мог в одиночку удовлетворить потребности российских предприятий в тиристорах и диодах. Так, в 1996 г. было создано ЗАО «Протон-Электротекс». Его первым директором был Олег Анатольевич Тюрин, к сожалению, ныне покойный. Думаю, нелишне назвать и других людей, причастных к созданию компании: А.Ю. Семенов, генеральный директор предприятия, В.М. Никитин, начальник производства, О.Э. Лисин, генеральный директор ЗАО «Электротекс», Ю.М. Лактаев, ведущий специалист ВЭИ, В. Н. Губарев, начальник отдела, С.С. Асина, сотрудница ВЭИ, и ваш покорный слуга.

Нельзя сказать, что мы начинали «с нуля» — компания возникла на базе одного из предприятий Министерства электронной промышленности — но почти все производственные линии и производственные процессы пришлось запускать заново. Так же, как и разрабатывать технологические процессы и маршруты производства. У ВЭИ была закуплена лицензия на производство быстродействующих тиристоров.

Сегодня штат предприятия составляет около 360 сотрудников. В московском НТЦ ЗАО «Протон-Электротекс» работают 7 человек. Мы занимаемся опытно-конструкторской работой, ориентируясь на существующие в компании технологии. Свои разработки мы передаем в Орел, в бюро по внедрению новой техники, откуда они попадают на производственные линии. Открывать опытное производство при московском НТЦ пока не планируем — для этого понадобится слишком много средств — и материальных, и временных.



– Какую продукцию производит компания?

– Все начиналось с быстродействующих тиристоров, но сегодня мы специализируемся в основном на высоковольтных приборах, хотя и низковольтные полупроводники находят место в нашей продуктовой линейке, которая охватывает практически весь спектр силовых тиристоров и диодов на напряжения 100…6500 В и токи 100…3500 А. Тиристоры и диоды выпускаются как в таблеточном, так и в штыревом конструктивном исполнении. Кроме тиристоров и диодов, предназначенных для работы на промышленной частоте, выпускаются быстродействующие и частотно-импульсные тиристоры, быстровосстанавливающиеся диоды, в том числе диоды с мягкой характеристикой обратного восстановления. Выпускается также широкая номенклатура модулей на базе диодных и тиристорных элементов в различных схемных конфигурациях, в полностью прижимном конструктивном исполнении с изолированным основанием. Модули мы производим на напряжения до 6500 В и средние токи 100…1250 А.

– Быстродействующие тиристоры уже отходят на второй план?

– Да, во многом их вытесняют IGBT, хотя еще остаются, и какое-то время будут существовать ниши и для быстродействующих тиристоров, например, резонансные преобразователи на большие токи, но, думаю, что серьезных перспектив у этого направления нет. А вот высоковольтные тиристоры, на мой взгляд, еще долго будут вне конкуренции, и именно на их совершенствование направлены

наши основные усилия. Мы можем с уверенностью сказать, что конкурентоспособность наших приборов соответствует мировому уровню. Пожалуй, мы немного отстаем лишь по очень большим токам, проигрывая гигантам силовой электроники — ABB, Mitsubishi, Infineon.

– Каковы возможности производственного подразделения компании?

– Мы располагаем собственной развитой инфраструктурой производства и обеспечиваем законченный технологический цикл изготовления продукции. «Протон-Электротекс» оснащен современными технологическими линиями и измерительным оборудованием, имеет собственные производственные площади, в том числе производственные площади для «чистых технологий», соответствующие требованиям, предъявляемым к изделиям электронной техники и микроэлектроники.

Каждый год 10—15% оборота идет на покупку нового технологического оборудования. Есть много собственного оборудования для нестандартных операций: напыления толстого алюминия, соединения кристалла с термокомпенсатором, так называемого сплавления и т.д.

Наше производство прошло аттестацию различных сертифицирующих органов. В 2002 г. мы прошли аудит по сертификации TUV Rheinland InterCert Kft и получили сертификат системы менеджмента качества ISO 9001. В том же году была получена лицензия Госатомнадзора России, предоставляющая право на поставку продукции атомным электростанциям, была внедрена система технической приемки продукции контрольно-приемочной комиссией концерна «Росэнергоатом».

В 2006 г. наше предприятие успешно прошло аудит одной из ведущих мировых компаний в производстве электротехнической продукции — ABB и было лицензировано как поставщик ABB. В 2007 г. система экологического менеджмента предприятия была сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ISO14001. В 2009 г., как следствие возросшей потребности в продукции нашей компании на предприятиях железнодорожного транспорта, была организована техническая приемка нашей продукции представителями ОАО «РЖД».

– Какова серийность вашего производства?

– Тысячи или десятки тысяч различных полупроводниковых приборов в зависимости от типоисполнения. Всего в прошлом году было произведено и реализовано около 250 тыс. различных приборов на сумму 488 млн руб.

– Согласование всех процессов такого сложного производства — нелегкая задача…

– Да, поэтому ЗАО «Протон-Электротекс» в настоящий момент внедряет у себя систему управления ресурсами класса ERP. Окончание работ намечено на конец 2011 г. Эта система позволит решить вопросы методологической и информационной поддержки бизнес-процессов предприятия.

– На каких рынках «Протон-Электротекс» реализует свою продукцию?

– Мы работаем на российском и зарубежном рынках. Осуществляются регулярные поставки в Германию, Англию, Эстонию, Польшу, Индию, Китай. Ведутся мелкосерийные поставки в США, Австралию, Новую Зеландию. У компании есть торговые представители в восьми странах. Конечно же, есть дилерская сеть и в России — в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Перми, Челябинске, Екатеринбурге. Мы работаем и на открытом рынке, и косвенно на рынке госзаказа, поставляя продукцию предприятиям РЖД и Минатома. Представители этих ведомств регулярно переаттестовывают наше производство на соответствие своим требованиям. Наша продукция находит применение и на металлургических предприятиях, везде, где нужны преобразователи на большую мощность.

Более половины объема продукции «Протон-Электротекс» идет на экспорт. Примерно половину экспортного объема составляют силовые модули. Это довольно простые и надежные приборы, и ведущие зарубежные компании, переходя на технологически более сложную продукцию, начинают отказываться от их производства, передоверяя его другим компаниям. Самая ходовая продукция — модули на напряжения 1200…1800 В и токи до нескольких сотен ампер. Мы поставляем в Европу десятки тысяч подобных изделий, и в течение последних 10 лет «Протон-Электротекс» является постоянным участником крупнейшей европейской выставки силовой электроники — PCIM (Нюрнберг, Германия).

Очень интересен для нас и азиатский рынок, особенно Китай, как самый быстроразвивающийся. Поэтому в 2010 г. было создано совместное российско-китайское предприятие HEBEI PROTON-ELECTROTEX ELECTRONIC Co., Ltd, которое на первоначальном этапе своей деятельности будет заниматься продвижением и продажами в Китае продукции, произведенной на заводе в Орле (преимущественно продажами высоковольтных тиристоров). В планах 2012 г. наладить сборочное производство силовых полупроводниковых приборов в Китае. Дальнейшее развитие совместного предприятия мы видим в освоении производства преобразовательной техники.

– Думаю, стоит сказать несколько слов о финансовых аспектах деятельности компании.

«Протон-Электротекс» — динамично развивающаяся компания, доказательством этому служат сухие цифры. Ниже (см. табл. 1) представлен объем реализации продукции за последние 5 лет и прогноз на 2011 г.

– Каковы перспективы развития производства, что думают в компании о дне завтрашнем?

– Да, конечно, за повседневными заботами мы не забываем и о перспективах. В ближайшем будущем мы планируем разработать и освоить в производстве новые виды продукции:

– высоковольтные тиристоры и диоды большой мощности, в том числе приборы на базе кремниевых кристаллов диаметром 100 мм и более. Близка к завершению разработка тиристоров на напряжения до 8500 В, в том числе на базе кристаллов диаметром 100 мм со средним током 1850 А;

– высоковольтные тиристоры и диоды с прецизионно контролируемыми характеристиками обратного восстановления как с повышенным быстродействием, так и для работы на промышленной частоте. Уже освоен в серийном производстве тиристор ТБИ 473–1600 на базе кристалла диаметром 80 мм, имеющий уникальные характеристики даже в сравнении с лучшими зарубежными аналогами: напряжение до 4300 В, средний ток 1600 А, время выключения менее 80 мкс, заряд обратного восстановления (125°C, di/dt = –50 А/мкс) не более 1000 мкКл с возможностью прецизионного подбора в поставляемой партии с разбросом менее 2%. Мы уже сегодня можем поставлять:

Таблица 1. **Объем** (и прогноз) **реализации продукции ЗАО «Протон-Электротекс»**

Годы	Объем реализации, млн руб.	Из них доля экспорта, млн руб.
2006	206,8	85,7
2007	258,8	123,3
2008	353,6	202,5
2009	351,9	238,3
2010	488	328
2011 (прогноз)	650	420

– высоковольтные тиристоры и диоды (на напряжения до 6500 В) с прецизионно подобранными характеристиками обратного восстановления для работы в последовательных сборках или готовые последовательные сборки таких приборов;

– высоковольтные модули с изолированным основанием на базе диодных и тиристорных кристаллов диаметром 24—56 мм. Освоены новые приборы такого типа на напряжения 4000...6500 В, планируется в ближайшее время расширить диапазон напряжений до 8500 В;

– высоковольтные тиристоры повышенной надежности, в которых будут использованы более надежные покрытия периферийных областей. Мы разрабатываем новые технологии соединения кристаллов с термокомпенсатором;

– силовые мощные приборы с использованием новых конструктивно-технологических решений и физических принципов функционирования. К этой группе можно отнести симметричные ограничители напряжения с улучшенной энергоемкостью, содержащие скрытые n'-слои; мощные высоковольтные импульсные динисторы; высоковольтные сильноточные диоды с ультрамягкой характеристикой обратного восстановления.

– Есть ли в планах компании разработка и производство собственных тиристорных преобразователей?

– В Орле работает родственная компания ЗАО «Электротекс», которая занимается разработкой и производством преобразователей. Недавно у нас была интересная совместная разработка по созданию тиристорного преобразователя для плавного пуска электродвигателей переменного тока мощностью до 6 МВт. Мы делали высоковольтные тиристорные блоки для него. Это довольно большой рынок: пуск таких электродвигателей — задача нетривиальная.

– Как, по Вашему мнению, будут развиваться силовые полупроводники?

– Думаю, для кремния увеличивать напряжения свыше 8...9 кВ нецелесообразно — слишком велики потери. Для увеличения токов придется перейти на 150-мм кристаллы. Кремний в силовых приборах просуществует еще долго. Что касается приборов с широкой запрещенной зоной (карбид кремния, SiC), то прогнозируется, что рынок этих приборов к 2013 г. составит около 160 млн долл., что, в свою очередь, составляет примерно 1,5% рынка силовых полупроводников. На основе карбида кремния можно делать более высоковольтные приборы, имеющие гораздо лучшие характеристики, чем у кремниевых аналогов, но карбид кремния дорог. Например, стоимость 1200-В, 10-А биполярного карбидкремниевого транзистора составляет примерно 150 долл. (15 долл. за ампер). Аналогичный кремниевый IGBT стоит около 1,5 долл. — 15 центов за ампер! Приборы на основе SiC будут осваиваться в продукции спецприменения: космосе, авиации, инверторах для солнечных электростанций и т.д.

– На какой срок НТЦ планирует разработки той или иной продукции?

– Основная масса работ ориентирована на внедрение в течение года. Хотя есть и более перспективные работы, например, попробовать уйти от шлифованной поверхности, от традиционной диффузии при изготовлении больших тиристоров и диодов. Сегодня эти методы применяются ведущими компаниями, например, ABB. Подумываем мы и о IGBT, даже делали подробный обзор по технологиям и компаниям, но тут российский рынок заполнен и, возможно, как это ни парадоксально, придется начинать с западных рынков, но это пока неблизкая перспектива.

– Как ваша компания решает кадровую проблему?

После кризиса эта проблема все еще остается острой — на рынке труда не хватает квалифицированных технических специалистов. Проблема кадров решается целевым обучением студентов в Московском энергетическом институте и Орловском государственном техническом университете. Можно сказать, что будущий специалист начинает свою карьеру в нашей компании еще со школьной скамьи. Будучи студентом, он проходит у нас практику. После успешного завершения обучения все студенты получают работу в нашей компании. Что касается НТЦ, то и мы сотрудничаем с учебными институтами — МЭИ, МИСиС и рассчитываем на специалистов из ВЭИ.

Материал подготовил
Леонид Чанов

СОБЫТИЯ РЫНКА

| КОНКУРЕНТОСПОСОБНА ЛИ РОССИЙСКАЯ IT-ИНДУСТРИЯ? | Корпорация Intel и газета «Известия» провели первый круглый стол, открывающий серию мероприятий на эту тему. В дискуссии приняли участие генеральный директор по исследованиям и разработкам Intel в России и СНГ Камиль Исаев, директор IT-кластера фонда Сколково Александр Туркот, исполнительный директор «РСК СКИФ» Алексей Шмелев, директор отдела образования «Лаборатория Касперского» Станислав Шевченко, Президент группы компаний ABBYY Сергей Андреев и заместитель директора НИВЦ МГУ Владимир Воеводин.

По мнению участников дискуссии, темпы развития российской IT-индустрия не отвечают мировому уровню. Отечественный рынок информационных технологий испытывает дефицит высококвалифицированных разработчиков, но качество их подготовки не всегда соответствует ожиданиям IT-компаний.

Для поддержки лучших идей и реализации самых интересных проектов в IT-отрасли корпорация Intel и Фонд развития инновационного центра «Сколково» объявили конкурс прикладных разработок и исследований в области компьютерных технологий «Компьютерный континуум: от идеи до воплощения». Конкурс проводится при поддержке «Лаборатории Касперского», ABBYY, «РСК СКИФ», Суперкомпьютерного консорциума университетов России и МГУ им. М.В. Ломоносова.

На конкурс принимаются проекты на разных стадиях развития, основанные на научных и инженерных идеях создания перспективных продуктов и услуг с использованием широкого спектра электронных устройств от высокопроизводительных вычислений до мобильных и встроенных приложений.

Призовой фонд конкурса: 1 млн руб. от корпорации Intel; 150 тыс. руб. от компании «РСК СКИФ»; 1 млн процессорочасов работы на кластерах Суперкомпьютерного консорциума; лицензии на ПО Intel и партнеров конкурса. Победитель конкурса, представивший, по мнению жюри, самый лучший проект, получит Гран-при (денежная премия 400 тыс. руб.) от Intel. Троих других победителей в каждой из главных номинаций Intel наградит премиями по 200 тыс. руб. Проекты-победители конкурса будут номинированы на приобретение статуса «Участник проекта «Сколково». Лучшие работы будут отмечены дипломами победителей и лауреатов (10 лауреатов в номинации).

Отобранные проекты будут представлены для рассмотрения в рамках программ поддержки Фонда «Сколково» и Intel для участия в программах наставничества, технической поддержки, бизнес-инкубирования, раннего доступа к продуктам и сервисам организаторов и партнеров. Отправить заявку на участие и познакомиться с полным текстом правил и условий можно на сайте конкурса.

www.elcomdesign.ru

| EXAR РАСШИРЯЕТ ДИСТРИБЬЮТОРСКУЮ СЕТЬ В РОССИИ: «ЭЛТЕХ» — НОВЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ КОМПАНИИ В ДИНАМИЧНО РАЗВИВАЮЩЕМСЯ РЕГИОНЕ | Exar Corporation (Nasdaq: EXAR) анонсировала начало сотрудничества с российским дистрибьютором электронных компонентов — санкт-петербургской компанией «Элтех». Exar рассчитывает, что это позволит увеличить продажи и расширить её присутствие в России.

Корпорация Exar (www.exar.com), основанная в 1971 г., производит широкий спектр разнообразных полупроводниковых устройств, разрабатывает программное обеспечение и решения для передачи и хранения данных для потребительских устройств и индустриальных применений. Продукция Exar включает микросхемы питания, интерфейсные микросхемы и платы для хранения и защиты данных.

Компания «Элтех» (http://www.eltech.spb.ru) — один из крупнейших поставщиков электронных компонентов на российском рынке — имеет разветвленную сеть региональных представительств в основных промышленных центрах России — Москве, Екатеринбурге, Новосибирске, Ростове-на-Дону и Чебоксарах.

«Элтех» — хорошо известный в России мультибрендовый дистрибьютор электронных компонентов, занимающий прочные позиции в таких сегментах рынка как промышленная автоматизация, учет энергоресурсов и передача данных, т.е. в тех областях, в которых заинтересован Exar», — заявил Пол Стеффорд (Paul Stafford), вице-президент отделения глобальных каналов продаж Exar. «Мы искали партнера, который мог бы сфокусироваться на создании спроса на нашу продукцию и обеспечить сильную логистику для нас, а это как раз то, что может предложить «Элтех»».

«Мы рады присоединиться к команде Exar, — сказал Андрей Перегуд, генеральный директор компании «Элтех». — Бизнес «Элтех» строится на создании спроса на продукцию наших вендоров. Эту задачу решает команда высококвалифицированных профессионалов и активно работающие региональные представительства по всей России, которые будут рады предложить заказчикам продукцию Exar».

www.eltech.spb.ru



| НОВОСИБИРСК НА ТРИ ДНЯ СТАЛ СТОЛИЦЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ | 13—15 апреля 2011 г. в Новосибирске проходила III Международная специализированная выставка «Передовые Технологии Автоматизации. ПТА-Сибирь 2011». По словам О. Афанасьевой, генерального директора ЗАО «Экспотроника»: «Новосибирск на несколько дней стал столицей автоматизации. Выставка способствовала решению ряда стратегических задач, от выполнения которых во многом зависит модернизация промышленного комплекса и восстановление экономики после кризиса».

«ПТА-Сибирь 2011» — уникальное мероприятие, объединившее профессионалов рынка промышленной автоматизации: от производителей и поставщиков до конечных потребителей оборудования и решений. На выставке были представлены новейшие разработки для технологического перевооружения предприятий и интересные проекты в области высоких технологий. По данным официальной регистрации, за три дня работы выставки ее посетили более 600 специалистов.

В торжественной церемонии открытия выставки приняли участие С. Соловьев, директор Межрегионального объединения сибирских электротехнических предприятий (МОСЭП), А. Лабузов, директор филиала компании «Прософт» (Новосибирск).

Лидеры в области промышленной автоматизации считают эту выставку лучшей b2b-площадкой для демонстрации новых продуктов и решений. В этом году на «ПТА-Сибирь 2011» были представлены международные производители, ведущие отечественные компании и новаторы рынка, такие как IPC2U, EPLAN, Phoenix Contact Rus, «Аскон-Сибирь», «Витек-Сибирь», «ПЛК-Системы», «Поинт», «Провенто», «Прософт», «СофтЛаб-Автоматика», «СТА» и другие. По мнению экспонентов выставки, благодаря участию в ней они находят новых покупателей, расширяют партнерские связи и выстраивают стратегию развития компаний, исходя из спроса клиентов.

В рамках выставки состоялась III Сибирская конференция по АСУ ТП, деловую программу которой открыло выступление специалиста Phoenix Contact, рассказавшего об опыте построения информационно-измерительных систем с применением современных IT-технологий.

Генеральный информационный партнер выставки — журнал «Промышленные страницы Сибири» провел круглый стол «Автоматизация в сфере ЖКХ».

Компания Sick представила свои интеллектуальные решения для промышленной безопасности, автоидентификации, а также промышленные датчики, систему машинного зрения и многое другое. Представитель компании «Витек-Сибирь» рассказал об опыте внедрения современных технологий и решений компании на российском рынке.

Секция «Энергоэффективность. Энергосбережение. Энергобезопасность» — одна из самых актуальных в программе конференции. Эксперты из МОСЭП обсудили комплексные решения реализации программ энергоресурсосбережения.

Информационную поддержку выставке оказали более 50 специализированных и общероссийских СМИ. Открытие выставки транслировалось по телеканалу «РБК-Новосибирск».

Журнал «СТА» подвел итоги традиционного конкурса на лучший проект в области промышленной автоматизации и встраиваемых систем. Победителем стала компания «Центр инновационных технологий — Автоматика» с проектом «АСУ ТП мобильных распределенных технических комплексов».

Высокий статус выставки подтверждает активная поддержка со стороны государственных и общественных структур Сибирского региона — Департамента промышленности, инноваций и предпринимательства мэрии Новосибирска, Новосибирской торгово-промышленная палаты, Российского представительства «Общества приборостроения, систем и автоматики» (ISA), Ассоциации сибирских и дальневосточных городов, Исполнительного комитета межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение», Некоммерческого партнерства «Межрегиональное объединение сибирских электротехнических предприятий».

http://www.pta-expo.ru/Siberia

Анализ разряда батареи для оценки времени работы мобильных устройств

ЭДВАРД БРОРЕЙН (EDWARD BROREIN), Agilent Technologies
БОБ ЗОЛЛО (BOB ZOLLO), Agilent Technologies

В статье рассказывается о методах, позволяющих проанализировать время работы мобильных устройств от батареи, что необходимо иметь в виду на этапе проектирования.

Время работы от батареи является важнейшим параметром, который нужно учитывать при проектировании мобильных устройств. Многие мобильные устройства характеризуются расширенной функциональностью, существенно сокращающей время их работы. Для максимального продления времени работы от батареи инженеры должны применять сложные схемы управления питанием.

Для оценки времени работы инженеры применяют анализ разряда батареи, включающий измерение параметров питаемого устройства, его программного и аппаратного обеспечения и отдельных узлов. Методы анализа включают измерение разрядной характеристики и изучение влияния разряда на разные режимы работы и используемые профили. По результатам анализа инженер может выбрать компромиссную схему управления питанием, максимально продлевающую срок службы батареи.

Большинство систем управления питанием экономит энергию батареи, переводя неиспользуемые в тот или иной момент подсистемы в спящий режим, причем зачастую на доли миллисекунд. В результате ток потребления устройства приобретает импульсный характер с длительностью событий менее секунды. Например, сотовый телефон GSM во время передачи может потреблять ток 2-А импульсами, длительностью примерно 500 мкс, в промежутке между которыми ток потребления спадает до миллиамперного уровня на оставшиеся 4,5 мс кадра GSM.

ДВА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ОТ БАТАРЕИ

Один метод измерения времени работы от батареи заключается в тесте снижения напряжения, в ходе которого тестируемое устройство включается при полностью заряженной батарее, а затем измеряется время работы до минимального ее заряда. Этот тест может быть достаточно длительным, поскольку время работы определяется по снижению напряжения до такого значения, когда устройство отключается. Кроме того, результат такого теста зависит от начального состояния батареи, которое может существенно изменяться.

Альтернативный подход заключается в измерении потребляемого тока, который позволяет достаточно точно оценить время работы. Для этого тестируемое устройство на короткое время переводится в рабочий режим, и в этом режиме выполняется измерение потребляемого тока. Затем время работы рассчитывается путем деления номинальной емкости батареи на измеренное значение тока. При использовании этого метода не приходится ждать полного разряда батареи.

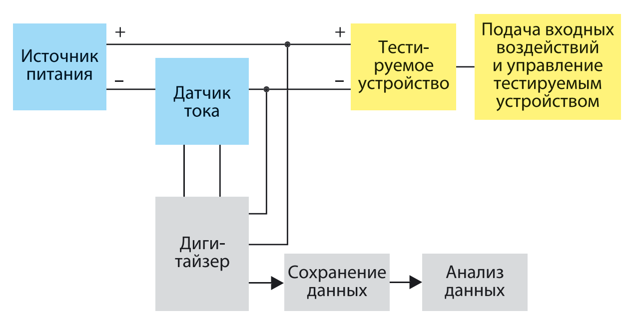


Рис. 1. ***Идеальная система для измерения и анализа тока разряда батарей***

ИДЕАЛЬНАЯ СИСТЕМА

Давайте рассмотрим элементы идеальной системы для анализа разряда батарей, показанной на рисунке 1. Во-первых, система должна включать средства для перевода тестируемого устройства в нужное рабочее состояние (генератор входных воздействий). Для мобильных телефонов в этой роли обычно выступает эмулятор базовой станции. Во-вторых, нужны средства для подачи на тестируемое устройство соответствующего питания, для чего используется либо аккумуляторная батарея, либо источник питания. Источник питания более предпочтителен для тестирования, т.к. обеспечивает согласованность теста и позволяет быстро воспроизводить разные состояния батареи, не ожидая, пока батарея достигнет этих состояний (полностью заряжена, частично разряжена, полностью разряжена). Другими важными элементами системы являются датчик для измерения тока, дигитайзер для регистрации сигналов тока и напряжения, а также программное обеспечение для анализа и сохранения данных, объем которых может быть достаточно большим (до нескольких гигабайт) в случае долговременного тестирования.

ВЫБОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Анализ разряда батареи с помощью источника питания позволяет измерять характеристики тестируемого устройства, независимо от его батареи. Источник питания должен характеризоваться быстрым откликом, чтобы минимизировать падение напряжения во время переходных процессов, порождаемых импульсным характером потребления при переключении режимов работы тестируемого устройства или во время импульсной передачи. Многие источники питания общего назначения демонстрируют в таких условиях падение напряжения до 1 В, поэтому следует использовать специальные источники питания (называемые иногда эмуляторами батареи), способные работать в таких условиях без падения напряжения.

ВЫБОР ДАТЧИКА ТОКА И ДИГИТАЙЗЕРА

Быстро изменяющийся ток потребления мобильного устройства порождает две метрологические пробле-

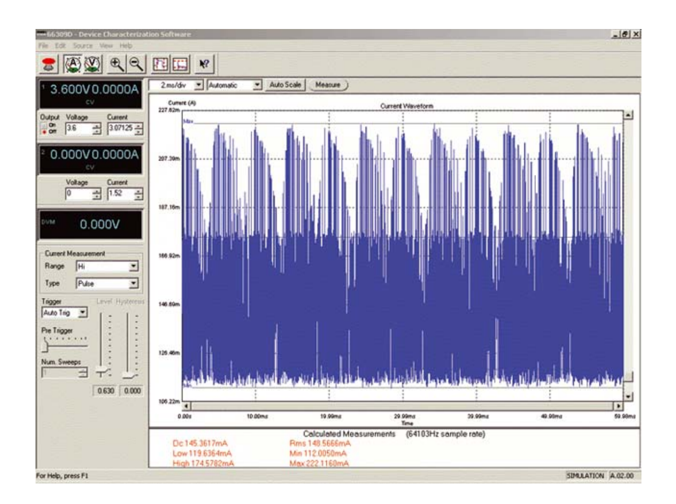


Рис. 2. ***Форма потребляемого ВЧ-усилителем телефона cdma2000 тока, представленная во временной области***

Рис. 3. ***Кривая того же потребляемого тока, что и на рисунке 2, но на графике CCDF***

мы, связанные с диапазоном и скоростью измерения. Во-первых, динамический диапазон тока может превышать значение 1000:1 или даже 1 000 000:1. Если максимальный потребляемый ток в активном режиме достигает 1…3 А, то в спящем режиме он падает до десятых долей мкА. Такой диапазон измеряемых значений существенно затрудняет выбор датчика тока.

Можно, конечно, использовать для измерений тока последовательно включенный резистор или токовый шунт, но выбор токового шунта соответствующей величины может оказаться весьма непростой задачей. Если сопротивление шунта оптимально для измерения самого малого тока, то при больших потребляемых токах на нем будет падать большое напряжение, оказывая значительное влияние на измерительную цепь. Если же шунт оптимизирован для измерения большого тока, то, скорее всего напряжение на нем окажется недостаточным для измерения микроамперных токов. Проблему измерения токов разного уровня можно решить, применив несколько шунтов для разных диапазонов, но при этом придется прерывать измерения на время переключения шунтов.

Что касается скорости, то дигитайзер, измеряющий напряжение на токовом шунте и напряжение питания мобильного устройства, должен иметь частоту дискретизации не менее 50 кГц, чтобы захватывать субмиллисекундные токовые импульсы, характерные для сложных схем управления питанием.

УПРОЩЕНИЕ АНАЛИЗА С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕМЕНТАРНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Для коммуникационных систем, таких как системы третьего поколения, характерны высокие уровни амплитудной модуляции, необходимые для передачи данных на высоких скоростях. Это порождает сложные формы потребляемого тока случайного характера при рассмотрении его во временной области.

На рисунке 2 показана зависимость потребляемого тока от времени для ВЧ-усилителя телефона cdma2000 в режиме передачи данных по трем каналам. Если рассматривать длительные периоды времени с частой сменой режимов работы, то потребляемый ток становится еще более сложным и непредсказуемым, затрудняя анализ влияния изменений конструкции на потребляемый ток.

Лучший способ визуализации и анализа сложных по форме потребляемых токов заключается в исследовании их статистических характеристик с помощью комплементарной интегральной функции распределения (CCDF). График CCDF показывает зависимость тока, откладываемого по оси X, от интегрального процента появления, откладываемого по оси Y (см. рис. 3). Рассматривая статистическое распределение потребляемого тока, можно быстро увидеть, как часто устройство работает в том или ином режиме потребления. Сравнивая графики CCDF разных схем, можно увидеть, когда устройство потребляет большую мощность (т.е., проводит большую часть времени в состоянии большого потребления), а когда меньшую (т.е., проводит большую часть времени в состоянии малого потребления). Таким образом, можно увидеть, какая схема работает лучше (потребляет меньше мощности), или выявить недостатки конструкции (неожиданные всплески потребления).

СЕРИЙНО ВЫПУСКАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЗРЯДА БАТАРЕЙ

Многие изготовители контрольно-измерительного оборудования выпускают продукты, которые можно использовать в разных частях описанной испытательной системы. Некоторые из них предлагают источники питания, обеспечивающие стабильное выходное напряжение в импульсном режиме потребления, близкое по характеру к напряжению батареи. Компания Agilent предлагает всевозможные приборы, позволяющие построить полное решение для анализа разряда батарей с несколькими вариантами соотношения цены и качества.

Решения начального уровня состоят из источников постоянного напряжения для мобильных устройств серии Agilent Technologies 66300. Источник питания Agilent 66300 предназначен специально для питания мобильных устройств и одновременного измерения потребляемого тока. В состав системы для измерения и анализа тока входит имитирующий работу батареи источник питания с высокоскоростным измерительным дигитайзером (подобным тому, что применяется в осциллографах), способным выполнять точные измерения тока в активном состоянии устройства, в режиме ожидания и в отключенном режиме. Этот источник постоянного напряжения и прилагаемое к нему программное обеспечение позволяют наблюдать формы потребляемого тока так, как это делается на осциллографе, и просматривать зарегистрированные данные и графики CCDF без какого-либо программирования. Если же требуется большая точность и скорость регистрации, то можно воспользоваться другими решениями компании Agilent.

О влиянии плазменной обработки поверхности на качество электронных модулей

АЛЕКСАНДР ИВАНОВ, micro@ostec-group.ru

В статье рассмотрены практические аспекты плазменной обработки поверхности и ее воздействие на качество создаваемого ультразвуковой сваркой соединения и на качество нанесения адгезивов и компаундов. Обосновывается положительное влияние этих операций на дальнейшие процессы технологического цикла.

ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ПЕРЕД УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКОЙ

Если в производственном процессе (крупносерийном или мелкосерийном) существует операция присоединения выводов технологией ультразвуковой микросварки, то основными параметрами данной операции являются прочность соединения и его повторяемость. Необходимо, чтобы средняя величина прочности соединения на отрыв и на сдвиг соответствовала эталонным значениям, а ее отклонение от среднего значения находилось в допустимом диапазоне.

Прочность соединения и его повторяемость напрямую зависят от типа (материала) поверхности и проводника, диаметра привариваемого проводника, выбранных режимов сварки и чистоты поверхности. О последнем параметре производители нередко забывают или относят его к менее важным. Однако в реальности наличие загрязнений поверхности или включений некоторых материалов напрямую влияет как на прочность сварного соединения, так и на повторяемость его от сварки к сварке, от модуля к модулю. На поверхности контактных площадок часто остаются различные включения и загрязнения, а также следы органических материалов (остатки фоторезиста, жиры и масла).

На рисунке 1 показан часто возникающий из-за наличия загрязнений дефект — отслоение приваренного контактного вывода типа «шарик», еще чаще такую ситуацию можно наблюдать в соединении типа «клин», т.к. там площадь контакта меньше. Из-за наличия включений и загрязнений сварка может не произойти, что создаст проблемы на автоматизированной линии сборки.

Если в устройствах используются золотые контактные площадки, то (помимо наличия на них загрязнений и органики) сложности в ультразвуковой сварке довольно часто возникают из-за миграции подслоя никеля через тонкий слой золота. Таким образом, на поверхности появляются островки никеля, которые или препятствуют, или вовсе исключают возможность сварочного соединения, или же ведут к его вырождению.

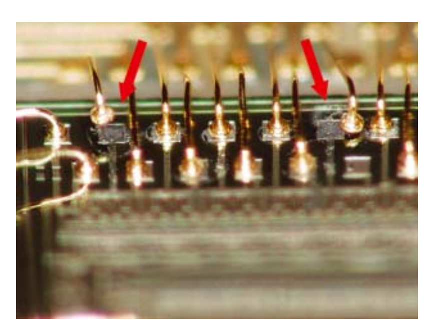


Рис. 1. ***Отслоение контактного вывода***

Проблема вырождения уже образованного сварного соединения напрямую связана с чистотой контактных площадок. Так, например, наличие газовых включений в приповерхностном слое (чаще всего пустот или соединений фтора) приводит к вырождению и разрушению соединения со временем и к более быстрым поломкам при наличии термических напряжений.

Еще одной важной проблемой микросварки являются поверхности из материалов, легко окисляемых на воздухе (алюминий и медь). Окислы не дают образовываться прочному сварному соединению или сварке вообще. Чтобы избежать этих проблем и повысить качество, надежность и повторяемость сварных соединений, рекомендуется использовать плазменную обработку поверхностей перед началом создания проволочных выводов. Плазменная обработка проводит чистку и модификацию поверхности, что позволяет вносить локальные изменения в свойства обрабатываемой поверхности (гидрофильность, адгезионные характеристики, химический состав и т.д.) при сохранении неизменными объемных свойств. Основными плазмообразующими средами в данном случае служат Ar, O_2, NO, NH_3, их смеси и воздух.

Наиболее часто для решения названных проблем используют плазменную обработку в среде Ar, O_2 и их смеси. Обработка поверхности в плазме чистого кислорода или воздуха приводит к удалению органических материалов (остатков фоторезиста, жиров и масел). Однако необходимо помнить, что обработка поверхностей, активных по отношению к кислороду, может привести к их деструктуризации и разрушению. К таким поверхностям относятся незащищенные медь, серебро и алюминий, легко окисляющиеся на воздухе и с катастрофической скоростью разрушающиеся в плазме кислорода. Обработка в плазме аргона позволяет удалить с поверхности крупные загрязнения и повысить ее шероховатость, что повышает качество образуемого интерметаллического соединения при ультразвуковой сварке. Но почти для всех материалов имеет смысл использовать смесь аргона и кислорода. При правильно подобранном составе смеси плазменную обработку на её основе можно использовать и для коррозионно-активных материалов. В этом случае происходит частичное стравливание поверхности и еще большее повышение её шероховатости (см. рис. 2), не говоря об очистке, что положительно влияет на сварное соединение, в частности, соединение типа «шарик».

На рисунке 2 показан результат плазменной обработки алюминиевой контактной площадки перед созданием проволочного соединения, что приводит к повышению качества ультразвуковой приварки шариковых выводов. При плазменной обработке деформируется слой алюминия,

окисный слой повреждается, повышается шероховатость поверхности, и в данном месте образуется интерметаллическое соединение алюминия с золотом. Полученное соединение отличается повышенным усилием на сдвиг или отрыв.

В результате предварительной плазменной обработки удается:

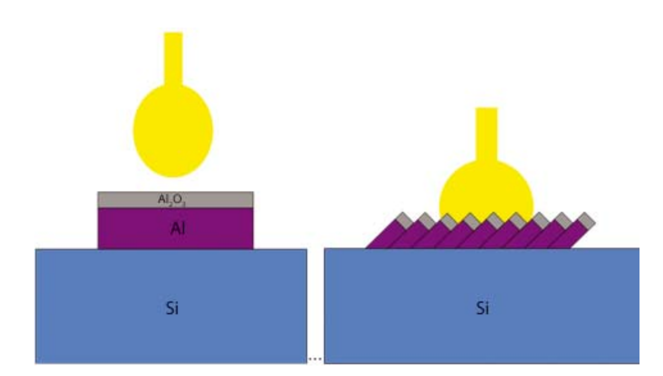


Рис. 2. ***Образование интерметаллического соединения «золото-алюминий» после обработки кристалла в плазме Ar/O_2 (90%/10%)***

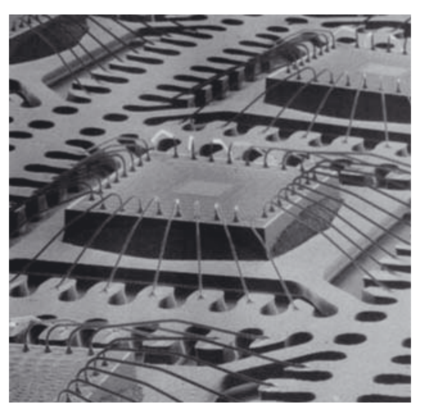


Рис. 3. ***Пример создания выводов для QFN-кристалла на рамке***

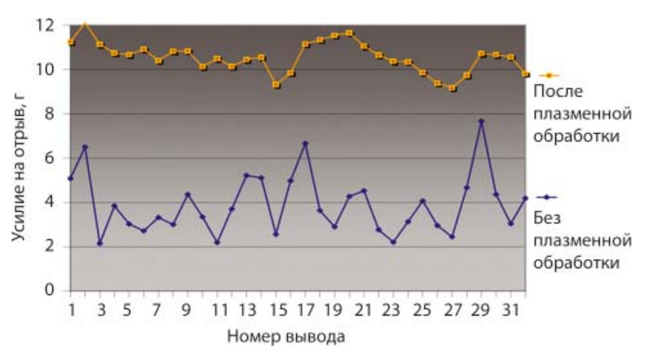


Рис. 4. ***Зависимость прочности сварного соединения при тесте на отрыв без плазменной обработки и после нее***

– исключить неприварку или подъем сварного соединения;

– увеличить минимальное значение прочности сварного соединения: меньше слабых сварок;

– повысить среднее значение прочности сварки;

– уменьшить параметры сварки (обычно задаваемая мощность ультразвукового воздействия на 10% меньше без ухудшения качества сварки, что более характерно для сварки методом «клин»);

– повышение надежности сварки.

Например, на QFN-кристалле (см. рис. 3), посаженном на серебропроводящий клей, необходимо было разварить 32 вывода 25 мкм проволокой на контактную площадку (контактная площадка представляет собой слой Ni/Pd/Au на медной основе). Ниже приведены данные испытаний усилия на отрыв проволочных соединений с кристалла без плазменной обработки и после обработки плазмой Ar/O_2 (90%/10%) в установке AP1000 компании March Plasma (см. рис. 4). Так, без предварительной плазменной обработки среднее значение усилия на отрыв составляет 3,89 гр, а после плазменной обработки среднее усилие составило 10,00 гр.

Другим примером может служить предварительная плазменная обработка светодиодных модулей, осуществляемая на одном из российских предприятий, перед созданием выводных соединений с кристалла на контактную площадку. Поскольку контактные площадки выполнены из меди, покрытой слоем серебра, использовать плазменную очистку кислородом не представляется возможным. Основной упор делается на плазменную очистку в аргоне. Довольно перспективной является очистка в смеси плазмы аргона с добавлением кислорода. Результаты измерения проверки прочности сварки на отрыв и на сдвиг показаны в таблице 1. Плазменная обработка проводилась на оборудовании Flex-Trak-CD фирмы March Plasma в течение трех минут при мощности ВЧ-сигнала в 250 Вт и рабочем давлении 210 мТорр.

ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ АДГЕЗИВА ИЛИ КОМПАУНДА

Создание проволочных выводов не является единственно важной проблемой в процессе производства электронного модуля. Проблемой является также нанесение адгезива на микросхему перед посадкой кристалла, нанесение его вокруг «перевернутого» кристалла (flip-chip) или нанесение заливочного компаунда, будь то герметизация корпусов или нанесение люминофора на сборку светодиода перед последующим созданием оптической линзы. Адгезивы и заливочные компаунды характеризуются вязкостью и сцепляемостью с поверхностью. В зависимости от типа и качества поверхности растекание и заполнение адгезивов и компаундов будет различным.

Самым простым и часто используемым является нанесение капли проводящего клея на контактную поверхность (см. рис. 5), на которую затем размещается кристалл. В этом случае часто можно наблюдать, как клей не растекается

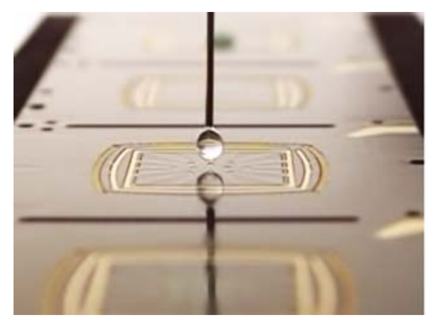




Рис. 5. ***Нанесение адгезива на контактную поверхность***

по предложенному ему объему (окно под кристалл), а застывает каплей, и после установки кристалла происходит неравномерное растекание под ним клея. После проведения цикла отверждения клей отслаивается от соединяемых поверхностей (см. рис. 6) или растрескивается (см. рис. 7).

Более сложным в исполнении является заполнение адгезивом пространства под «перевернутым» кристаллом (см. рис. 8). В этом случае часто возникают проблемы, связанные с неравномерностью высоты заливки, что приводит к повреждению интегральной схемы, или же возникают проблемы, связанные с образованием большого количества пустот и воздушных пузырей из-за плохого затекания под кристалл.

Основным и наиболее важным результатом плазменной обработки является увеличение степени смачивания поверхности. Степень смачивания определяется углом смачивания — чем он больше, тем меньше степень смачивания данной поверхности. Угол смачивания (или краевой угол смачивания) — это угол, образованный касательными плоскостями к межфазным поверхностям, ограничивающим смачивающую жидкость, а вершина угла лежит на линии раздела трёх фаз. Угол измеряется методом лежащей капли. Чем меньше угол смачивания, тем лучше растекается адгезив по поверхности.

Проблемы растрескивания и отслоения отвержденного компаунда, неравномерность высоты заливки и наличие пустот и воздуха в затекшем компаунде связаны с плохим смачиванием поверхности. Предварительная обработка в плазме Ar/O_2 (90%/10%) очищает и повышает энергию поверхности. В этом случае увеличивается степень смачивания и происходит более качественное сцепление адгезива с обработанными поверхностями и его затекание в зазоры, что уменьшает тенденцию к отслоению. Плазма очищает и химически активирует поверхность, это приводит к уменьшению пустот и лучшей заливке в среднем на 4%. Время затекания адгезива под кристалл без плазменной обработки составляет 40 с, а после плазменной обработки — около 13 с. Заполнение адгезивом с боков и затекание под кристалл получается более однородным. Высота заливки адгезивом без предварительной плазменной обработки составляет менее 5% от высоты кристалла, а после плазменной обработки — более 40%, и она одинакова по всей обработанной поверхности.

Плазменная обработка поверхностей, контактирующих с адгезивом, увеличивает степень их смачивания. Поверхность от гидрофобного состояния переходит к гидрофильному, повышается ее энергия, уменьшается угол смачивания и увеличивается сила контакта. Высокая степень смачивания очень важна на многих этапах производства электронных устройств. На рисунке 9 представлены результаты статистических испытаний измерения угла смачивания серебросодержащего клея для разных типоразмеров кристаллов в зависимости от времени обработки в плазме Ar/O_2 (90%/10%), при мощности ВЧ-сигнала в 250 Вт и давлении в 200 мТорр. На рисунке видно, что плазменная обработка всех типов кристаллов в течение шести минут увеличивает угол смачивания в разы.

Образование свободных радикалов на поверхности благодаря обработке с помощью плазмы кислорода приводит к формированию химически активного поверхностного слоя. Образование поперечных связей — «сшивок» — происходит за счет обработки в плазме аргона, гелия или водорода. Обработка для образования свободных радикалов или «сшивок» занимает около 1—5 мин. Активация поверхности положительно влияет на прочность соединения, а поперечные связи позволяют решить проблему ухудшения пластичности и увеличения хрупкости светодиодного модуля. Ухудшение пластичности изделия связано

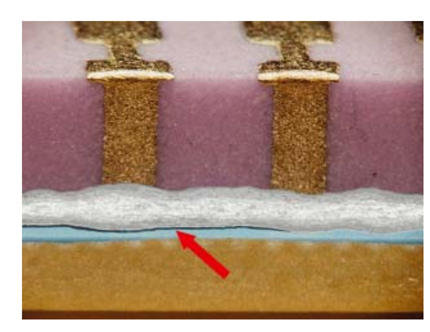


Рис. 6. ***Отслоение клея от склеиваемых поверхностей***

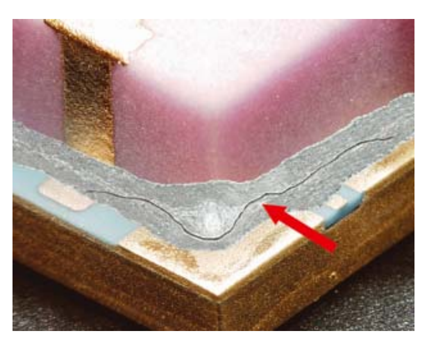


Рис. 7. ***Растрескивание клея***

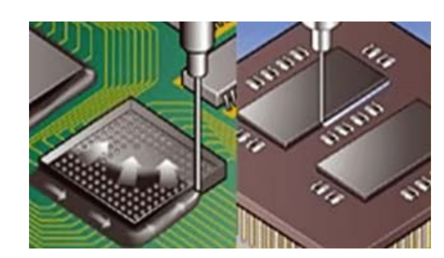


Рис. 8. ***Пример заполнения адгезивом пространства под кристаллом типа flip-chip***

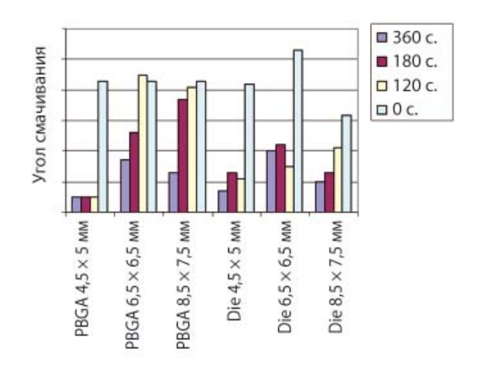


Рис. 9. ***Зависимость угла смачивания от времени плазменной обработки для разных типов кристаллов***

Таблица 1. ***Результаты измерения проверки прочности сварки на отрыв и на сдвиг***

Параметр	Прочность сварного соединения при тесте на отрыв, гр.	Прочность сварного соединения при тесте на сдвиг, гр.
Без использования предварительной плазменной обработки	Среднее значение 7,6 гр. Минимальное значение 4,3 гр.	Среднее значение 74,8 гр. Минимальное значение 65 гр.
С использованием предварительной плазменной обработки	Среднее значение 10,8 гр. Минимальное значение 9,7 гр.	Среднее значение 81 гр. Минимальное значение 77 гр.

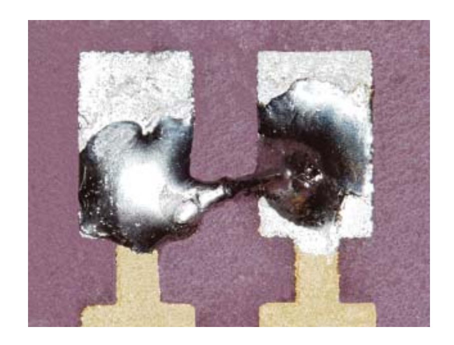


Рис. 10. ***Образование перемычки вследствие пузырения припоя*** *(неравномерное растекание говорит о плохой адгезии)*

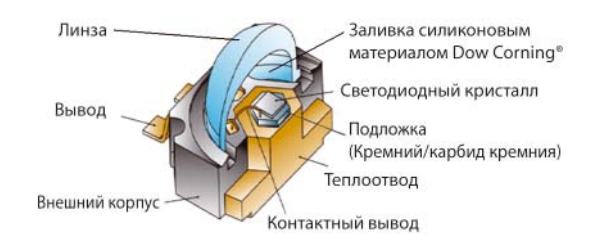


Рис. 11. ***Структура светодиода***



Рис. 12. ***Установки плазменной обработки AP1000 и Flex-Trak-CD компании March Plasma***

с диффузией и последующим испарением пластификатора, входящего в состав кремнийорганического материала. Испарение пластификатора можно существенно уменьшить, если создать между цепями макромолекул поперечные связи, «сшивки», или, как говорят, «зашить полимер». Причем такое «зашивание» должно происходить только с поверхности для того, чтобы сохранить объемные свойства материала. Концентрация сшивок растет пропорционально времени плазменного воздействия, а глубина сшитого слоя зависит от параметров разряда.

Чистота поверхности жизненно важна и для хорошей адгезии тонких пленочных покрытий или мягкого припоя. Перед началом дальнейшей эксплуатации поверхность должна быть очищена от всех загрязнений (влаги, органики, кислорода, серы, хлора, фосфора и фтора). Загрязнение поверхности может влиять на адгезию во многих её аспектах. Оно снижает степень смачивания и может помешать растечься припою. Загрязнения могут привести к расслоению материала и началу пузырения припоя (эффекту попкорна) во время процесса оплавления, а также к образованию перемычек между контактами (см. рис. 10). Остаточные загрязнения ведут к коррозии и повышению термических и электрических напряжений готового прибора.

Довольно часто имеет место низкое качество заполнения кремнийорганическими материалами и последующее создание силиконовой линзы при производстве светодиодов (см. рис. 11). Если после проведения этой операции наблюдается отслоение заполненного материала от корпуса, уменьшение пластичности или увеличение со временем хрупкости изделия, то это говорит о недостаточной предварительной подготовке поверхности.

Все рассмотренные в статье проблемы решаются при проведении предварительной плазменной обработки поверхностей перед операциями. Для решения этих проблем предназначено оборудование компании March Plasma — высокопроизводительная полуавтоматическая система плазменной обработки AP1000 или автоматическая система плазменной обработки Flex-Trak CD (см. рис. 12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье было рассказано о преимуществах предварительной плазменной обработки поверхности, которая увеличивает прочность выводных соединений и исключает нарушения целостности сварного соединения при ультразвуковой сварке. Благодаря плазменной обработке поверхности повышается надежность, увеличивается степень смачивания и прочность контакта компонентов, соединяемых посредством адгезивов, и продлевается время жизни выпускаемых приборов.

СОБЫТИЯ РЫНКА



| ВЫШЛА НОВАЯ КНИГА — «МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ» | Издательство «Инфра-Инженерия» представляет новую книгу — «Методы проектирования электронных устройств» (456 стр.). В книге изложены 25 новых методов проектирования электронных устройств, которые отличаются от известных своей простотой, универсальностью и общностью подходов к решению задач. Для всех методов, вошедших в книгу, выполнены специальные математические проверки, подтверждающие их правильность и правомерность. Кроме того, работа каждого метода поясняется различными примерами его реализации.

На примерах схем устройств силовой электроники в сборнике рассматривается решение задач анализа и параметрического синтеза аналитическими и численными методами, т.к. именно они являются основными в теории схемотехнического проектирования.

Книга предназначена для научных работников, инженеров и аспирантов, занимающихся схемотехническим проектированием электронных устройств.

Оформить заказ на книгу можно на сайте издательства «Инфра-Инженерия»: **http://www.infra-e.ru**; вопросы по тел.: **8-911-512-48-48**.

www.infra-e.ru



МТ-СИСТЕМ — официальный дистрибьютор TEXAS INSTRUMENTS в России

▶ **Получите больше информации:** ti@mtgroup.ru

AM3517/05 Cortex™ — A8 based processors

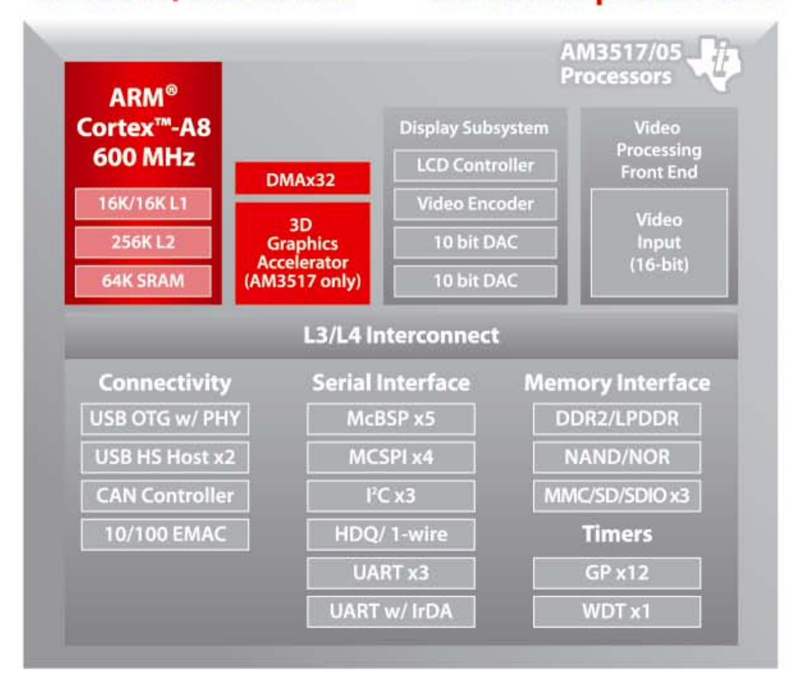
Высокая производительность:
- 1200DMIP
- 10M polygons/second

Низкое энергопотребление:
- Максимальное – 3W
- В режиме Standby – 12mW

Разнообразная периферия:
- Ethernet
- CAN
- USB OTG

Корпуса:
- 17x17мм BGA
- 0.65мм pitch, 491-ball
- 23x23мм PBGA
- 1.0мм pitch, 484-ball

Расширенный температурный диапазон -40°C +105°C



Доступные средства разработки — TMDSEVM3517*

Бесплатные образцы:
- AM3505AZCN
- AM3505AZCNA
- AM3505AZER
- AM3505AZERA



*Возможна бесплатная аренда

AM35x available OS

TI owned - No charge		TI owned - No charge			
Linux		Android		WinCE	
Community	Commercial	Éclair (2.1) Community	Froyo (2.2) Community	6.0 R3	WEC 7.0
Now	Now	Now	Now	Now	1Q11



ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА • СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТОВ • СКЛАД

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
198099, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Калинина, д. 13 (м. Нарвская)
Тел.: +7 (812) 325-36-85
Факс: +7 (812) 786-85-79
E-mail: micro@mtgroup.ru

МОСКВА
Россия, Москва,
ул. Красноармейская, д. 11, корп.1
Тел.: +7 (495) 988-20-73
Факс: +7 (495) 988-20-74
E-mail: info@mosmtgroup.ru




















ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ ТЕЛЕФОНИЯ — ОТ МИФА К РЕАЛЬНОСТИ

АЛЕКСЕЙ НАЗАРОВ, к.т.н., технический директор, IntegrIT, *http://www.integrit.com/ru*

Конвергенция систем передачи речи и данных в единую мультимедийную сеть стала популярным трендом. Необходимость перехода от существующих сетей осознана рынком, процесс этот начался и постепенно набирает обороты. В статье обсуждаются вопросы высококачественной передачи речи с помощью технологий IP-телефонии.

Цифровые технологии, обычно именуемые IP-телефонией или VoIP, имеют реальный потенциал для удовлетворения новым рыночным требованиям за счет:

– удешевления себестоимости трафика при использовании пакетных сетей, а не выделенных линий связи;

– обеспечения необходимого класса обслуживания QoS для абонентов;

– обеспечения надлежащего уровня безопасности системы связи;

– увеличения емкости, уменьшения эксплуатационных расходов;

– совместного использование оборудования различных производителей;

– расширения абонентских сервисов;

– шлюзования звонков в сетях 3G, 4G, а также интеграции с популярными системами радиосвязи, например, APCO P25, DMR и др.;

– постепенной интеграции с системами передачи видео.

Постепенно переход на технологию IP-телефонии происходит и в тех приложениях, где традиционно использовалась специализированная техника, например, переговорные устройства, диспетчерские системы связи, радиосвязь. Безусловно, глубина использования технологий разная. Скажем, для систем радиосвязи требуется минимизация накладных расходов на передачу адресной и управляющей информации в VoIP-трафике, поэтому способ инкапсуляции этой информации в пакетах иной, чем в проводных сетях. Тем не менее технология VoIP предоставляет стандартизованные средства ретрансляции и шлюзования трафика и потому идеально подходит для объединения сегментов разнородных сетей или передачи данных на рабочие места операторов через стандартные сети фиксированной связи.

Безусловно, правильный дизайн всех компонентов IP-телефонии оказывает решающее значение для удовлетворения пользователей. При этом важны все аспекты системы:

– инфраструктурное и каналообразующее оборудование (линии связи, маршрутизаторы, шлюзы и т.д.) должно обеспечивать надлежащие характеристики по множеству параметров: полоса, задержка установления и разрыва соединения, максимальная задержка RTP-пакетов, сетевой джиттер и коэффициент потерь пакетов, надежность, функции безопасности (шифрование, VPN и т.д.), поддержка функций QoS в части приоритезации классов трафика;

– инфраструктурное оборудование VoIP (IP-АТС, шлюзы аналоговой телефонии, устройства записи речи, серверы конференцсвязи) должно поддерживать разнообразные функции как в части сигнализации (SIP или H.323), так и в части передачи и обработки речи (сжатие, подавление эха и шума, контроль качества речи[1] и т.д.). Кроме того, данный сегмент сети отвечает за разнообразные абонентские сервисы, такие как иерархический перевод вызовов, виртуальные совещания и т.д.

– абонентские окончания (цифровые/аналоговые телефоны, диспетчерские пульты, программные телефоны для ПК и мобильных устройств, переговорные устройства и т.д.) во многом определяют восприятие общего качества системы конечным потребителем. Наиболее критичными требованиями являются высококачественная обработка акустического эха в условиях высоких внешних шумов, минимизация общей задержки в аудиотракте, поддержка широкого набора кодеков для обеспечения оптимального качества речи.

Не пытаясь охватить все, в данной статье будут рассмотрены узкие места в дизайне инфраструктурного оборудования VoIP и абонентских окончаний, наиболее заметно влияющие на качество и восприятие речи, а именно, джиттер; кодеки и эхоподавление.

ДЖИТТЕР, ПОЛОСА, ПОТЕРИ ПАКЕТОВ И ЗАДЕРЖКА

Наличие сетевого джиттера является фактом, который часто недооценивается при дизайне системы. Важно понимать основные причины его возникновения и то, как он связан с общей задержкой.

В традиционных телефонных сетях с коммутацией каналов общая задержка обычно не превышает 30…50 мс за исключением спутниковых каналов, где она может достигать величин порядка 250 мс. При этом задержка практически постоянная и меняется очень медленно. Фактически джиттер в этих сетях не превышает величину, равную одному таймслоту (125 мкс).

В рекомендациях ITU-T G.114, G.131 подробно изложены негативные последствия джиттера и задержки. Один из важных выводов состоит в том, что восприимчивость человека к эху очень сильно зависит от общей задержки (см. табл. 1 и рис. 1).

При этом сама задержка до величины 150 мс является вполне приемлемой для человека. Таким образом, тот факт, что в IP-телефонии задержка существенно больше, чем в традиционных сетях с коммутацией каналов, накладывает важнейшие требования по высококачественному подавлению эха. В противном случае качество связи является недостаточным. К вопросу о подавлении акустического и линейного эха мы вернемся в следующих разделах этой статьи. Казалось бы, величина порядка 150 мс является легко достижимой, однако необходимо рассмотреть ее источники:

– аудиодрайверы и операционная система;

– аудиокодирование;

– пакетизация;

– компенсация джиттера и потерь пакетов (PLC);

[1] ITU-T G.107, G.109.

– задержка распространения сигнала, задержки в сетевом и инфраструктурном оборудовании.

Первый источник задержки (аудиодрайверы) часто исключается из рассмотрения, хотя на самом деле его влияние — один из важнейших факторов. Особенно оно существенно в связи с большим распространением в абонентских устройствах RISC-процессоров общего назначения (ARM, MIPS и т.д.) с операционными системами Linux, Android или их клонами. Ранее, когда абонентские устройства делались на базе специализированных сигнальных процессоров, можно было полагать, что задержка составляет величину порядка 5…10 мс, что соответствует кванту обработки речи и размеру блока речевых отсчетов. В операционных системах Windows, Linux, Android и т.д. все сильно лимитируется возможностями штатной аудиочасти этих ОС.

Немаловажным и неочевидным обстоятельством является требование обеспечить эхоподавление на абонентском окончании. А для этого следует обеспечить либо абсолютно синхронный ввод и вывод речевого потока, либо использовать такие эхоподавители, которые малочувствительны к рассинхронизации. Требование синхронизации между выводом и вводом аудио обычно приводит к увеличению аудиобуферов в операционной системе или приложении, что серьезно увеличивает задержку. К сожалению, задержка довольно существенно зависит от версии ядра используемой ОС и самих аудиодрайверов. Она может колебаться от величин порядка 60…80 мс (Windows или Ubuntu на ПК) до 200…300 мс для маломощных портативных устройств на базе процессора ARM9e с Linux. Кроме того, в таких ОС требуется предпринимать специальные средства для минимизации собственного джиттера, связанного с планировщиком задач, который может достигать 20…30 мс и более.

Существенно меньшие величины задержки (порядка 20 мс и менее) и малый собственный джиттер (единицы миллисекунд) достижимы либо в операционных системах реального времени, либо при использовании специализированного драйвера, работающего в режиме ядра.

На рисунке 2 приведены примеры собственного джиттера исходящего RTP-трафика.

С формальной точки зрения, джиттер есть разброс времени прохождения пакетов в сети. Существуют два основных источника этого разброса:

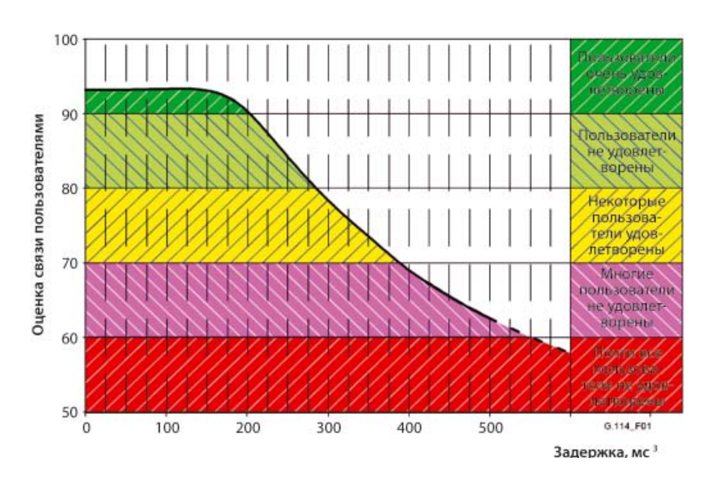


Рис. 1. **Связь между задержкой и удовлетворенностью пользователей связью**

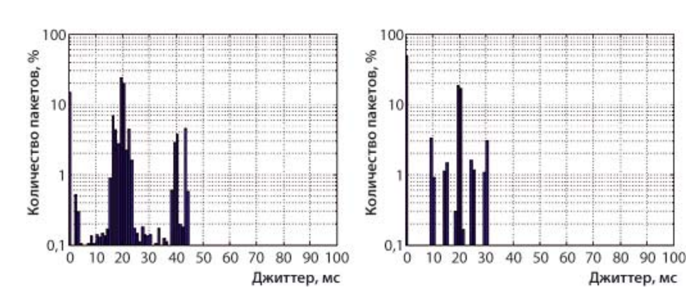


Рис. 2. **Гистограммы собственного джиттера исходящего RTP-трафика для типичных программных телефонов** (x86, Windows XP)

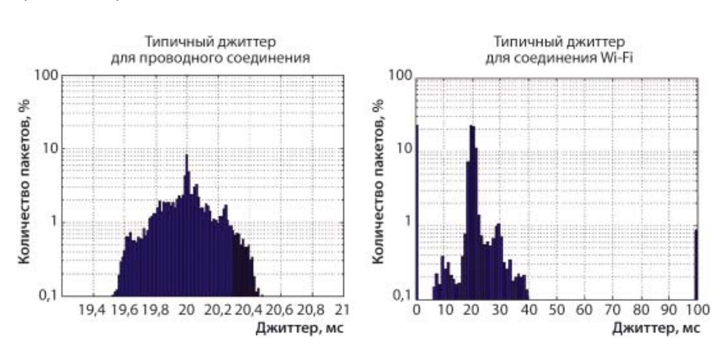


Рис. 3. **Гистограммы джиттера RTP-пакетов при проводном и WiFi-соединениях** (кодек G.711, пакетизация 20 мс, локальная сеть)

– особенности физического уровня приема-передачи пакетов;

– задержки из-за очередизации в коммутаторах.

Наиболее характерным примером первого случая является передача через точки доступа WiFi. Стандарт 802.11b/g определяет специальную посылку (beacon), которая информирует устройства об идентификаторе SSID, типе шифрования и т.д. Обычно интервал этих посылок составляет 100 мс. В связи с этим при передаче RTP-пакетов через WiFi некоторая доля пакетов (около 1%) задерживается на 100 мс и более (см. рис. 3). Несмотря на не слишком большую долю таких пакетов, они могут существенно повлиять на общую задержку и качество речи.

Задержка в сетевом и инфраструктурном оборудовании определяется не столько временем распространения (общепринятая величина 6 мкс/

Таблица 1. **Общие требования по односторонней задержке**[2]

Диапазон, мс	Качество
0…150	Приемлемо для большинства приложений
150…400	Может считаться приемлемым, только если пользователи заранее знают о такой задержке
>400	Неприемлемо для двусторонней связи, допустимо для одностороннего вещания или для ретрансляции факсимильных сообщений

[2] ITU-T G.114.

[3] ITU-T G.114, 2003, Figure 1.

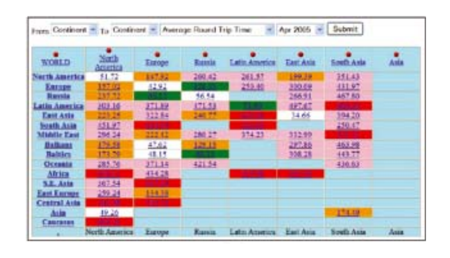


Рис. 4. **Усредненное время двустороннего прохождения пакетов в глобальной сети**[4]

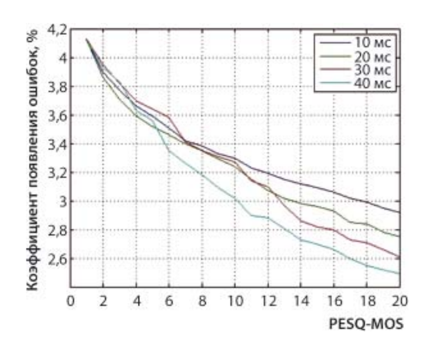


Рис. 5. **Зависимость качества речи** (PESQ-MOS) **для G.711 PLC при разной пакетизации**

км), но и типом каналообразующего оборудования, а также очередями пакетов в коммутаторах. Последний эффект наиболее заметен при большом трафике или при программном шлюзовании (например, в VPN), когда загрузка процессоров коммутатора велика.

При передаче данных через интернет-узлы в глобальной сети джиттер может достигать нескольких десятков миллисекунд (см. рис. 4).

Таким образом, статистика показывает, что пренебречь влиянием джиттера и соответствующей задержки на его компенсацию нельзя. Осознавая этот факт, международное сообщество ставит новую планку по задержке и джиттеру в глобальной сети. Например, рекомендация EUROCAE ED-138 специфицирует задержку 100 мс и джиттер 15 мс при уровне потери пакетов 0,5% как ближайшую достижимую цель.

Общий средний уровень потерь пакетов до единиц процентов не оказывает такого значительного влияния на качество речи. Существенно большее влияние оказывает нерегулярность их прихода, которая может вызывать эффект «проскальзывания» при компенсации джиттера, когда пакет приходит через интервал больший, чем текущая оценка максимально компенсируемого джиттера.

В этом случае пакет удаляется из очереди, т.к. его уже сочли потерянным. Часто при этом пропадает не один пакет, а несколько, и это уже становится заметно на слух.

Важно понимать, какое влияние на качество оказывает пакетизация. На первый взгляд, пакетизация сама по себе не вредна и даже полезна, т.к. сокращает оверхед на заголовки пакетов и эквивалентную полосу (см. табл. 2).

Однако при потере пакетов деградация качества существенно зависит от длины пакета, т.к. алгоритмы компенсации потерь пакетов (PLC) обычно имеют верхний предел компенсируемой потери в 60 мс. Рисунок 5 иллюстрирует тот факт, что пакетизация 40 мс существенно начинает ухудшать качество речи при потере более 5% пакетов.

Таблица 2. **Занимаемая полоса на канал VoIP в зависимости от типа кодека и пакетизации** (IEEE802.3, RTP/UDP)

Кодек/пакетизация, мс	G.711	G.729	G.722.1 (режим 24 Кбит/с)
10	126.4	70.4	-
20	95.2	39.2	55.2
30	84.8	28.8	-
40	79.6	23.6	39.6

Таблица 3. **Сводная таблица распространенных кодеков для IP-телефонии**

<table>
<tr><th>Кодек</th><th>Алгоритм. сложность[5]</th><th>Качество</th><th>Скорость, Кбит/с</th><th>Узкополосный режим</th><th>Широкополосный режим</th><th>Мин. пакетизация, мс</th><th>Коррекция потерь пакетов</th><th>Детектор речевой активности</th><th>Совместимость</th></tr>
<tr><td>G.711</td><td>0</td><td>отл.</td><td>64</td><td rowspan="8">x</td><td rowspan="7"></td><td rowspan="2">10</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">отл.</td></tr>
<tr><td>G.726</td><td>0,6</td><td>хор.</td><td>16, 24, 32, 40</td></tr>
<tr><td>G.723.1</td><td>1,3</td><td>низ.</td><td>5,3, 6,3</td><td>30</td><td rowspan="10">x</td><td>x</td><td>хор.</td></tr>
<tr><td>G.728</td><td>2,5</td><td>отл.</td><td></td><td rowspan="2">10</td><td></td><td>низ.</td></tr>
<tr><td>G.729</td><td>1</td><td>хор.</td><td>8</td><td rowspan="4">x</td><td>отл.</td></tr>
<tr><td>iLBC</td><td>1,2</td><td rowspan="7">отл.</td><td>13,3, 15,2</td><td>30, 20</td><td rowspan="3">низ.</td></tr>
<tr><td>AMR-NB</td><td>1,7</td><td>4,75…12,2</td><td>20</td></tr>
<tr><td>G.711.1</td><td>0,8</td><td>64, 80, 96</td><td rowspan="5">x</td><td>10</td></tr>
<tr><td>G.722</td><td>0,4</td><td>48, 56, 64</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="4">20</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">хор.</td></tr>
<tr><td>G.722.1</td><td>0,5</td><td>24, 32</td></tr>
<tr><td>G.722.2 (AMR-WB)</td><td rowspan="2">3</td><td>6…24</td><td>x</td><td rowspan="2">низ.</td></tr>
<tr><td>G.729.1</td><td>8…32</td><td>x</td><td></td></tr>
</table>

ВЫВОДЫ

Для передачи речи с высоким качеством необходимо:

– использовать каналы связи с минимальной задержкой и предпринимать меры по минимизации сетевого джиттера;

– использовать высококачественные эхокомпенсаторы;

– использовать интеллектуальные адаптивные схемы компенсации джиттера и потерь пакетов;

– избегать использования кодеков без встроенного PLC;

– не использовать пакетизацию, большую 30 мс.

Кодеки

Общеизвестным фактором, влияющим на качество речи, является речевой кодек. Большое разнообразие предлагаемых кодеков иногда создает мнение, что можно использовать любые из них. Зачастую кодеки сравнивают только по одному параметру, что не совсем корректно. Для применения в реальных приложениях важны вопросы совместимости, частоты использования, алгоритмической сложности (и, как следствие, потребления, ресурсов), качества речи, поддержки алгоритмов компенсации потерь и детектирования речевой активности.

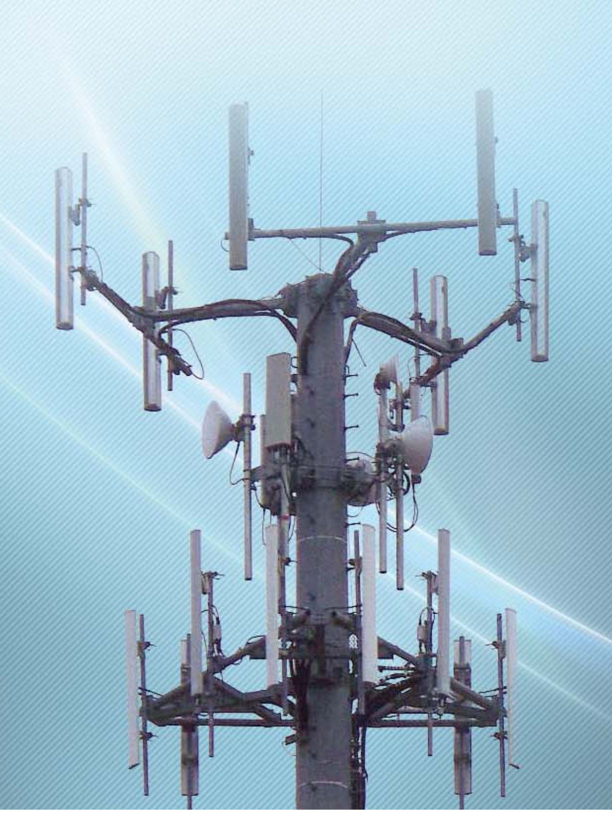
В таблице 3 ниже сравниваются наиболее важные свойства самых распространенных кодеков с точки зрения использования в IP-телефонии.

[4] IEPM Home Page ‘Internet End-to-end Performance Monitoring’, www.slac.stanford.edu.

[5] Оценивается как сумма потребления кодера и декодера относительно кодека G.729. Указаны примерные оценки компании IntegrIT для наихудшего случая (как правило, это наибольшая скорость).



ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОНВЕРТЕР TDM-OVER-IP В ОДНОМ КОРПУСЕ



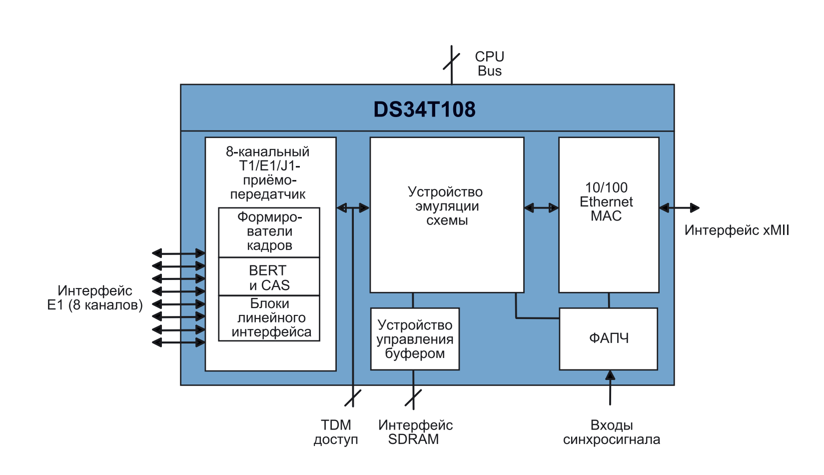
СИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА ОБОРУДОВАНИЯ NGN

ИМС DS34T101, DS34T102, DS34T104, DS34T108 — 1-, 2-, 4- и 8-канальные, соответственно, представляют собой полнофункциональный конвертер TDM в IP со встроенным E1 фреймером и линейным интерфейсом LIU.

ИМС DS34S101, DS34TS102, DS34S104, DS34S108 не имеют фреймера и LIU.

Области применения:

- TDM over GEPON
- TDM over Cable
- TDM over Wireless
- сопряжение базовых станций с Ethernet
- сопряжение АТС с Ethernet



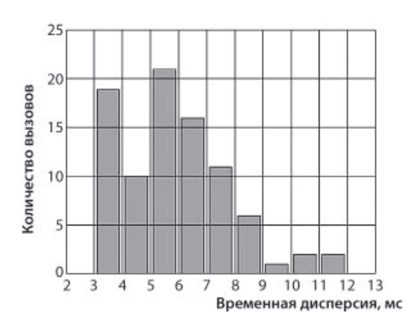


Рис. 6. **Гистограмма временной дисперсии для междугородных звонков** [6]

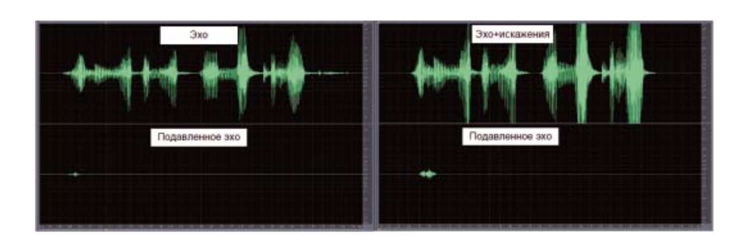


Рис. 7. **Пример работы эхоподавителя. Слева — сигнал среднего качества (ERLE =10 дБ), справа — тот же сигнал с высоким уровнем нелинейных искажений**

Примечания:

1. Приведена общая информация, не относящаяся к продуктам IntegrIT.

2. Оценка алгоритмической сложности дана для типичного процессора и может быть использована для приблизительных оценок. Для конкретного процессора пропорции могут отличаться.

Видно, что нет ни одного кодека, который был бы наилучшим по всем показателям. Дополнительно хотелось бы отметить, что с наступлением эры широкополосной IP-телефонии будут широко внедряться новые кодеки, в первую очередь, G.711.1. Одним из его важных достоинств является то, что он обратно совместим с G.711 и обеспечивает лучшее качество даже в режиме совместимости. При этом он сохраняет алгоритмическую сложность на приемлемом уровне и потому будет активно внедряться в многоканальное VoIP-оборудование.

Несмотря на, казалось бы, слабую распространенность некоторых кодеков, их поддержка в оборудовании может обеспечивать важную функциональность. Например, поддержка AMR-NB необходима при шлюзовании голосового трафика в сети 3G.

Высококачественная VoIP-телефония нового поколения подразумевает не только использование соответствующих широкополосных кодеков, но и вводит стандарты новых сервисов для абонентов. Сервис «второй входящий вызов» и конференц-режим становятся де-факто стандартными. При этом мы не можем гарантировать, что все абоненты будут использовать один и тот же кодек, т.к. его выбор определяется как возможностями канала с этими абонентами, так и возможностями оконечного оборудования. Например, очевидно, что абонент аналогового телефонного окончания будет получать телефонное качество сервиса, но остальные участники конференции могут работать и в широкополосном режиме, и этот абонент не должен ограничивать качество связи для всех остальных абонентов. Соответственно, программное обеспечение VoIP должно иметь специальный модуль для обслуживания микширования и транскодирования.

Суммируя сказанное, мы видим, что следует:

– поддерживать широкий набор кодеков для обеспечения оптимального качества для каждого вызова;

– поддерживать как широкополосный, так и стандартный (узкополосный) режим кодирования;

– иметь функции адаптивного микширования абонентов и транскодирования.

ЭХОПОДАВЛЕНИЕ НА АБОНЕНТСКИХ ОКОНЧАНИЯХ И В ШЛЮЗАХ

Наличие эха является одним из наиболее заметных для пользователей факторов. Эхокомпенсатор, как правило, устанавливается непосредственно на абонентском окончании. Однако в ряде случаев для совместимости с устаревшим оборудованием необходима установка устройств подавления эха как в шлюзах линейных окончаний, так и на транзитных узлах.

Требования по подавлению эха в этих случаях различны. Многочисленные измерения показали, что реальный эхо-путь в абонентском окончании не превышает 12 мс (см. рис. 6).

Однако в транзитных узлах добавляются задержки коммутаторов, и общая величина может сильно вырасти. Общепринятыми требованиям по эхо-пути являются: на абонентском окончании — 16 мс; на транзитном узле — 64 мс; акустическое эхо — 256 мс.

Вопреки общему мнению, рекомендация G.168 специфицирует только часть параметров эхокомпенсаторов. В частности, она ничего не говорит о скорости сходимости, качестве речи и т.д. Она посвящена методикам тестирования эхоподавителя в целом. Как минимум, все эхокомпенсаторы должны быть проверены по этим методикам. Например, проверены такие важные аспекты как:

– сходимость на разных типах каналов (как в режиме одиночного разговора, так в режиме двойного разговора);

– сходимость в условиях наличия шумов разного уровня;

– нерасходимость в режиме слабой и сильной встречной речи в режиме двойного разговора;

– предотвращение неправильной сходимости на тональных сигналах;

– сходимость при резкой смене типа канала.

– Однако практика, а также другие рекомендации накладывают набор дополнительных требований:

– слабые искажения входного речевого сигнала как при включенном, так и при выключенном нелинейном процессоре (PESQ-MOS не хуже 4.1-4.2);

– умеренные искажения речевого сигнала в режиме двойного разговора (PESQMOS в диапазоне 3,5–3,8)

– обеспечение работы на линиях с высоким остаточным эхом (ERLE порядка –10...–6 дБ);

– обеспечение средств работы при высоком уровне нелинейных искажений (интермодуляция порядка –15 дБ);

– высокая номинальная скорость сходимости (100…200 мс);

– высокий уровень подавления речи в режиме двойного разговора;

– поддержка номинальной длины эхо-пути в диапазоне 16…128 мс.

На рисунке 7 приведен пример работы эхоподавителя. Слева — сигнал среднего качества (ERLE = 10 дБ), справа — тот же сигнал с высоким уровнем нелинейных искажений.

Таким образом, высококачественный эхоподавитель должен быть проверен в широком диапазоне входных воздействий.

VoIP РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ INTEGRIT

Компания IntegrIT успешно работает на рынке несколько лет и сотрудничает с ведущими производителями интегральных схем и изделий телекоммуникационного назначения. VoIP-решения от IntegrIT отличаются широким ассортиментом необходимых компонентов,

[6] Figure II.6/G.168.

проверенным качеством, поддержкой множества наиболее популярных процессоров. При их дизайне были учтены все указанные выше проблемы. Также компания предлагает услуги адаптации VoIP-решения под аппаратную платформу заказчика, доработки под специфичные требования, позволяющие сократить сроки выхода изделий на рынок.

В таблице 4 сведены основные поставляемые компоненты с их краткими характеристиками.

Подробнее о продукции IntegrIT см. на www.integrit.com/products.

Таблица 4. **Основные компоненты, поставляемые IntegrIT**

Кодеки	G.711, G.726, G.723.1, G.729AB, G.728, AMR-NB, AMR-WB, G.722, G.722.1, G.722.2, iLBC, G.711.1, G.729.1, адаптивный конференц-микшер, транскодеры
RTP/RTCP	Пакетизация 10…200 мс, интеллектуальная компенсация сетевого джиттера и потерь пакетов
Эхоподавление	Линейный эхо-компенсатор G. 168, акустический эхо-компенсатор CrystallSpeech
Аналоговая сигнализация	Универсальный генератор/детектор тональной сигнализации, генератор/детектор/режектор DTMF, АОН, CallerID и т.д.
SIP и дополнительные виды обслуживания	Удержание соединения, конференцсвязь (до 32 участников), соединения с ТФОП, перевод соединения, циркулярный вызов, система префиксов и планов нумерации, наведение справки, запрет входящих звонков, преобразование префиксов, ожидание вызова, преодоление запрета входящих вызовов, поиск свободной линии в пучке, переключение между соединениями, группы искания, тональный донабор, отбой последнего соединения, разные виды переадресации, автоинформатор, возврат вызова, группы дозвона, подбор вызовов, голосовое меню, служебные коды, услуга «следуй за мной к», вмешательство в вызов и приоритеты абонентов и т.д.
Поддерживаемые платформы	ARM9e, ARM11, Cortex, Marvell Kirkwood/Armada, C64xx/DaVinci/OMAP, Tensilica HiFi2/ConnXD2, x86

НОВОСТИ СВЕТОТЕХНИКИ

| OLED — НА ШАГ БЛИЖЕ К ОБЩЕМУ ОСВЕЩЕНИЮ | В ближайшее время на основе OLED могут быть изготовлены принципиально новые осветительные устройства — тончайшие (2 мм) светящиеся панели, которые устанавливаются на любую поверхность. Органические панели придут на смену люминесцентным лампам. Они изготавливаются без применения ртутьсодержащих материалов и отвечают требованиям RoHS.

Коммерческие светильники на основе OLED обладают достаточно высокой светоотдачей — 23 лм/Вт. Судя по темпам развития технологии, в ближайшие несколько лет этот показатель будет доведен до 100 лм/Вт. Срок службы органического светодиода в настоящее время составляет около 5 тыс. ч. По мнению специалистов, через три года этот показатель будет увеличен в три раза. Как ожидается, уже через год появится прозрачный осветительный OLED-модуль с активной площадью 1 м^2.

В отличие от классических светодиодов, OLED характеризуются меньшей габаритной яркостью. Их достоинствами является возможность регулирования цветовой температуры и затемнения. Для органических светодиодов не требуется ни охлаждения, ни отражателей, ни системы линз для направления луча. Они не являются точечными источниками и светят равномерно по всей площади. Следующий технологический шаг — создание гибких пленок, которые можно расположить на поверхности любого профиля, либо сформировать из них автономный светильник.

Технология OLED только выходит на рынок. Начиная с 2018 г. будут доступны дешевые осветительные устройства с разной конфигурацией на основе OLED, а сама технология станет универсальной.

Компания Osram собирается вложить более 50 млн евро в развитие коммерческой технологии и создание пилотной производственной линии OLED в Регенбурге (Германия). Для массовой продукции помимо хороших осветительных качеств необходимы надежность и стабильность работы. Две новые осветительные панели Osram (круглая зеркальная и квадратная прозрачная) имеют такие характеристики.

www.elcomdesign.ru

НОВОСТИ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

| «РТСОФТ» ПРИ УЧАСТИИ КОРПОРАЦИИ INTEL ПРОВЕЛ В МОСКВЕ ПРЕСС-КОНФЕРЕНЦИЮ «ВСТРАИВАЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ — 2011. ПОЛЕТ НОРМАЛЬНЫЙ». | Конференция была посвящена итогам работы компании в прошлом году. Шла речь и о новых сервисах «РТСофт» в области разработки заказных встраиваемых аппаратно-программных средств и о выходе компании на рынок встраиваемых серверов. Юрий Якшин, директор по маркетингу ВКТ «РТСофт», рассказал об итогах и перспективах развития рынка ВКТ в России и в мире. По его словам, кризис 2008—2009 гг. индустрией ВКТ успешно преодолен. Бизнес «РТСофт» в сегменте ВКТ и в период кризиса был стабилен, а по итогам 2010 г. достигнут еще более надежный результат — более 20% роста.

Василий Лизунов, руководитель центра внедрения и технической поддержки встраиваемых систем корпорации Intel, рассказал о новейших процессорах Intel Core 2-го поколения (Sandy Bridge) и Intel Atom E6x5C и о серии конфигурируемых процессоров Intel Atom E6x5C. В одном корпусе процессора этой серии объединены Intel Atom E600 (Tunnel Creek) и программируемая вентильная матрица (FPGA).

Алексей Рыбаков, технический директор «РТСофт», объявил о выводе на российский рынок встраиваемых платформ производства Kontron на основе новейших высокоинтегрированных процессоров Intel Core 2-го поколения с усовершенствованной графической подсистемой, а также продуктов с процессорами серии Intel Atom E6x5C с интегрированной матрицей FPGA компании Altera.

Алексей Исаев, директор направления системного ПО «РТСофт», анонсировал новые версии встраиваемых программных продуктов: гипервизора/ядра разделения LynxSecure 5.0 компании LynuxWorks и расширения реального времени RTX-2011 для ОС семейства Windows компании IntervalZero. Александр Ковалев, директор по развитию бизнеса «РТСофт», сообщил участникам пресс-конференции о начале предоставления клиентам компании новых сервисов по разработке стандартизированных COTS-совместимых и заказных аппаратных платформ и ПО для встраиваемых приложений на базе технологий Kontron.

www.elcomdesign.ru

ПРОЦЕССОРЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КАК АЛЬТЕРНАТИВА RTL-УСКОРИТЕЛЯМ

КОНСТАНТИН АБРАМОВ, технический консультант, «ИД Электроника»

В статье рассмотрены основные преимущества применения процессоров для обработки данных Tensilica. Приведены сравнительные результаты различных методов ускорения.

В системах на кристалле (СнК) управление обычно осуществляется отдельным процессором, который не предназначен для обработки слишком большого объема данных. С этой задачей лучше справляются аппаратные RTL-блоки. Однако на их разработку и верификацию уходит очень много времени. К тому же их нельзя перепрограммировать, расширяя набор поддерживаемых стандартов. Для более гибкой обработки большого объема информации в СнК используются программируемые процессоры данных (DPU — Dataplane processors). В первом приближении можно сказать, что они представляют собой сочетание сигнального процессора и процессора общего назначения (DSP + CPU). Однако это единый процессор, который в отличие от жесткой конструкции можно модифицировать, чтобы добиться наилучшей эффективности в целевом приложении.

Если для обработки данных производительности процессоров общего назначения не хватает, то разработчики либо повышают тактовую частоту (т.е. увеличивают производительность архитектуры), либо применяют аппаратные ускорители, которые берут часть нагрузки на себя, разгружая процессор. У обоих подходов есть недостатки — при повышении тактовой частоты увеличивается мощность потребления, а на создание и верификацию аппаратных ускорителей требуется много времени.

Метод повышения тактовой частоты в современных процессорах применять нецелесообразно, поскольку она изначально настолько высока, что дальнейшее увеличение приводит к чрезмерному расходу энергии.

Радикально иной подход — использовать в СнК процессорное ядро DPU, которое может быть оптимизировано и настроено специально под текущий проект. Архитектура DPU позволяет добавлять регистры с произвольной разрядностью, исполнительные блоки, выполняющие специфические алгоритмы за один или два цикла, а также добавлять заказные устройства ввода-вывода, подключаемые к другим блокам СнК напрямую. При этом потребление и тактовая частота СнК не повышаются. Преимуществом использования процессоров данных является также безопасность и защита проекта от нелегального копирования. Ни одна другая компания не сможет скопировать вашу конфигурацию процессора, не имея соответствующего компилятора и средств разработки.

RTL-УСКОРИТЕЛИ

Многие приложения не работают достаточно быстро даже при использовании процессора с дополнительным блоком сигнальной обработки. В этом случае с помощью языков Verilog или VHDL создаются аппаратные ускорители. На их разработку и верификацию уходит много времени, а при внесении изменений весь процесс проверки приходится повторять. Это особенно неудобно на стадии отладки проекта при устранении ошибок и неприемлемо для устройств, набор стандартов и функционал которых постоянно пополняются.

Процессоры данных могут выполнять многоразрядные операции, в т.ч. работать с нецелочисленным форматом данных. В то же время в отличие от RTL-ускорителя встроенная программа для конечного автомата, реализованного в процессоре, может быть изменена. Несмотря на сходство трактов данных в DPU и RTL-ускорителе, управление в них производится по-разному. В процессоре применяются поцикловые алгоритмы управления, реализованные в виде встроенной программы, что значительно упрощает процесс исправления ошибок в алгоритме или добавления новой функции.

DPU. ВЗГЛЯД ИЗНУТРИ

DPU — это программируемый процессор, который может быть настроен и оптимизирован под определенное приложение или круг задач. Существуют два способа настройки:

1. Задание нужных параметров в стандартных опциях, таких как разрядность шины, интерфейсы, объем памяти, исполнительные блоки (обработка операций с плавающей запятой, сигнальный процессор и т.д.).
2. Добавление новых регистров, регистровых файлов и собственных инструкций, поддерживающих специальные типы данных и операций. Например, 48-разрядные данные и команды для оцифровки аудиопотока, 56-разрядные данные и команды для цифровой защиты и т.д.

DPU — это синтезируемый RTL-код, готовый для встраивания в FPGA-прототип или СнК. Для процессора автоматически подбирается комплект программных средств, содержащих расширенный набор всех необходимых для данного приложения команд.

Преимущества использования программной реализации вместо аппаратной сложно переоценить. Она значительно упрощает процесс отладки, внесения изменений или добавления новых стандартов и функций. Процессоры данных настраиваются под конкретное приложение. Предусмотрена возможность добавления собственных регистров и регистровых файлов с произвольной разрядностью, заказных исполнительных блоков, а также широких шин данных. Процесс настройки требует мало усилий, а сама конфигурация занимает несколько строк.

Для создания процессора используются специальные языки, описывающие команды расширения. Некоторые из этих языков напоминают языки аппаратного программирования, такие как Verilog и VHDL. Компания Tensilica использует собственный язык TIE — Tensilica's Instruction Extension, близкий к Verilog.

Заметим, что DPU — это отдельный тип процессора, а не сборка из нескольких процессорных устройств. Новые инструкции и регистры обрабатываются и кодируются с помощью того же компилятора и ассемблера, что и основные инструкции. Встроенная программа для конечного автомата реализуется на языке высшего уровня (C или C++).

На примере процессоров Tensilica рассмотрим, за счет чего удается снизить мощность потребления по сравнению с оптимизированным RTL-блоком? Как правило, под низким энергопотреблением подразумевают количество мВт на МГц. Подход компании Tensilica иной, он основан на рассмотрении общего расхода энергии

рабочей нагрузкой. Многие разработчики уверены, что все RISK-процессоры имеют примерно одинаковую производительность на тактовый цикл. Однако это утверждение неверно, особенно для процессоров, предназначенных для определенной задачи или приложения.

Рассмотрим пример. Пусть в алгоритме содержатся несколько нестандартных функций. С одной стороны, они приводят к заметному увеличению размера кристалла и, следовательно, расходу энергии. Однако с другой стороны, если выигрыш в быстродействии от их использования превышает потери от увеличения потребления, то итоговый расход энергии и время выполнения задачи уменьшаются.

Использование уникальной конфигурации процессора защищает устройство от копирования другими компаниями. Не имея под рукой соответствующих программных инструментов, никто не сможет прочитать исходный код процессора. Кроме того, процессоры данных оптимизированы под целевое приложение и обеспечивают высокое быстродействие при более низких тактовых частотах. Следовательно, они потребляют меньше энергии, чем стандартные процессорные ядра с фиксированным набором команд.

Часто для ускорения обработки цифрового сигнала вместе со стандартным 32-разрядным ядром используется сигнальный процессор. В подобной двухпроцессорной архитектуре обмен между ядрами происходит по стандартной шине со сравнительно невысокой скоростью передачи. Процессоры Xtensa позволяют встроить функции сигнальной обработки прямо в процессор. Рассмотрим на примерах, как можно улучшить характеристики СнК с помощью процессора Xtensa.

УСКОРЕНИЕ БЛОКА БПФ

Основная операция в дискретном преобразовании Фурье с прореживанием по частоте — «преобразование бабочки». Оно включает шесть операций сложения и четыре перемножения для расчета действительной и мнимой частей. С помощью языка TIE в конвейер процессора Xtensa добавляются четыре сумматора и два умножителя. Таким образом половина преобразования выполняется за один цикл.

Шина данных процессора имеет разрядность 128 бит, поэтому все четыре входных действительных и мнимых целочисленных величины записываются в 128-разрядный регистр за один цикл. Сохранение результата также производится за один цикл.

На практике очень сложно реализовать на СБИС синтезируемые умножители, работающие на частотах порядка нескольких сотен МГц и выполняющие умножение за один цикл. В связи с этим целесообразно проводить операцию умножения за два цикла, чтобы она не была критичной ко времени. Введение этого дополнительного цикла не влияет на быстроту выполнения преобразования Фурье, поскольку при конвейерной обработке «преобразование бабочки» инициируется в каждом такте.

Для реализации описанного алгоритма к процессору добавляется вычислительный блок с одним потоком команд и многими потоками данных (SIMD). Требуется менее 35 тыс. вентилей, включая два умножителя 24×24. Быстродействие увеличивается больше, чем на два порядка. Объем программного кода для БПФ уменьшается в три раза. Результаты ускорения приведены в таблице 1.

УСКОРЕНИЕ ДЕКОДЕРА MPEG-4

Одна из наиболее сложных частей в кодировании видеопотока MPEG-4 — алгоритм оценки движения, который находит смежные видеокадры для похожих блоков пикселов. В алгоритме используется операция суммирования абсолютных разностей (SAD), состоящая из вычитания, нахождения абсолютного значения и суммирования результата с предыдущим вычисленным значением.

Для кадра формата QCIF при частоте смены кадров 15 Гц и схеме поиска по всем направлениям вычисление суммы абсолютных разностей производится со скоростью около 641 млн операций в секунду. При добавлении аппаратного SIMD-ускорителя, обрабатывающего 16 пикселов за цикл, и объединении трех промежуточных операций SAD в одну однотактовую инструкцию скорость выполнения может быть снижена до 14 млн операций в секунду, т.е. уменьшена на 98%.

Ускоритель входит в состав декодера MPEG-4 Tensilica. Полный декодер реализуется на 100 тыс. вентилях и выполняет двустороннее кодирование-декодирование со скоростью 15 кадров в секунду или одностороннее — со скоростью 30 кадров в секунду. Производительность ядра составляет 30 MIPS, а расход энергии существенно ниже, чем в аналогичных процессорах.

Другие алгоритмы MPEG-4 также могут быть ускорены с помощью соответствующих дополнительных инструкций, таких как декодирование с переменной длиной, iDCT, обработка потока битов, деквантизация, предсказание AC/DC, преобразование цветов и выходная фильтрация. Результаты работы ускорителя для различных видеопотоков показаны в таблице 2.

SIMD-ускоритель позволяет уменьшить количество выполняемых операций в тысячу раз, а тактовую частоту процессора — примерно в 30 раз, до десятка МГц. Без ускорения тактовая частота составляет примерно 300 МГц, поэтому потребление намного выше. Только за счет оптимизации кода таких результатов достигнуть нельзя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные примеры показывают, что выполнение многих алгоритмов можно ускорить. В систему добавляются именно те вычислительные ресурсы, которые необходимы. Причем, делается это автоматически, а не вручную, как в RTL-блоках. С помощью стандартных инструментов необходимо обследовать схему и определить критичные контуры, которые следует ускорить. Далее определяются наиболее эффективные инструкции, ускоряющие выполнение, и подбираются регистры нужной длины. Настроенный таким образом процессор выполняет исходный алгоритм значительно быстрее.

Таблица 1. **Эффект добавления блока БПФ**

	БПФ	С программным умножением	С аппаратным умножением	С расширением TIE для «преобразования бабочки»	Выигрыш
Объем кода на С, байт		430 + библиотеки	430	158	
Время выполнения, тактов	128 точек	763548	169739	2269	337x
	256 точек	1787645	386498	4711	379x
	512 точек	3975245	867133	9841	404x
	1024 точек	9241893	1922644	20603	449x

Таблица 2. **Ускорение процедуры декодирования MPEG-4**

Видеоклип	Исходная производительность, млрд циклов	Кодек после оптимизации, млн циклов	Тактовая частота (15 кадров/с), МГц	Ускорение TIE, раз
1	3,126	76,81	7,7	40,1
2	3,389	102,19	10,3	33,2
3	10,045	359,5	13,5	27,9
4	9,222	308,7	12,2	29,9
5	29,327	822,8	8,6	35,6

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tensilica. The What, Why, and How of Customizable Dataplane Processors (DPUs).*
2. *www.autex.spb.ru.*

ЧТО ТАКОЕ PROJECT 25

ДМИТРИЙ ПАРОШИН, директор, IntegrIT Ltd., http://www.integrit.com/ru

APCO P25 — современный и популярный во всем мире стандарт цифровой транкинговой связи, ориентированный на передачу голоса и пакетных данных по радиоканалу. В статье рассматриваются основные принципы работы радиостанции стандарта APCO P25, механизмы доступа к общему радиоинтерфейсу и передачи сигнализации, а также методы модуляции и демодуляции сигналов C4FM.

Project 25 (P25) представляет собой набор стандартов, разработанных совместными усилиями ассоциации средств связи и общественной безопасности (Association of Public Safety Communications Officials International, APCO), национальной телекоммуникационной ассоциации (National Association of State Telecommunications Directors, NASTD), федерального агентства национальных систем связи (Federal Agencies and the National Communications System, NCS) и ассоциации телекоммуникационной индустрии (Telecommunications Industry Association, TIA).

P25 — это система связи с открытой архитектурой, направленная на удовлетворение потребности государственных, правительственных и прочих организаций в оперативной связи для обеспечения безопасности.

Открытость стандарта и совместимость с существующим парком аналоговых FM-радиостанций обусловили его популярность во всем мире. В России стандарт P25 также получил распространение и активно внедряется в государственные структуры.

Стандарт P25 определяет интерфейсы, взаимодействие и возможности любой системы, совместимой с этим стандартом. Радиостанция P25 может работать как в аналоговом режиме для совместимости с существующими аналоговыми FM-радиостанциями, так и в аналоговом или цифровом режиме с другими P25-радиостанциями. Стандарт P25 не является закрытым, поэтому любой производитель может создавать свои цифровые P25-радиостанции.

Основные цели проекта P25:

– основываясь на принципах открытой архитектуры, обеспечить дополнительную конкуренцию между различными системами связи;

– обеспечить правительственные и прочие организации эффективной, надежной и дешевой связью;

– предоставить улучшенную функциональность и дополнительные возможности с упором на потребности общественной безопасности;

– повысить эффективность использования радиочастотного спектра.

ФАЗЫ ПРОЕКТА P25

Системы связи стандарта P25 делятся на несколько поколений (фаз) для поэтапного и плавного перехода от устаревших аналоговых систем к цифровым.

Фаза 1

Радиостанции фазы 1 работают в полосе 12,5 кГц в аналоговом, смешанном и цифровом режимах. Для цифровой передачи радиостанции этого поколения используется нелинейная модуляция C4FM (Continuous 4 Level FM — непрерывная 4-уровневая ЧМ). Эти радиостанции обратно совместимы с существующими FM-радиостанциями. Кроме того, стандарт P25 описывает открытый интерфейс к внешнему радиооборудованию для упрощения стыковки систем радиосвязи от разных производителей.

Фаза 2

Системы связи этого поколения в настоящий момент находятся в стадии разработки для определения способа передачи данных со скоростью 4800 бит/с в полосе 6,25 кГц. Радиостанции P25 фазы 2 используют схемы модуляции с мультиплексированием по времени и частоте (TDMA и FDMA) для эффективной утилизации спектра. Кроме того, пока решаются вопросы взаимодействия с существующим оборудованием, интерфейсов с базовыми станциями и повторителями, распределения радиочастот и пр.

Фаза 3

На этом этапе реализуются требования по обеспечению высокоскоростной передачи данных. Направления деятельности сосредоточены на воздушной и наземной широкополосной радиосвязи, с помощью которой можно передавать и принимать речь, видео и данные с высокой скоростью на большой территории. Европейский телекоммуникационный институт стандартизации (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) и TIA совместно работают над фазой 3, известной как проект MESA (Mobility for Emergency and Safety Applications — мобильность для приложений в области безопасности и чрезвычайных ситуаций).

КАК РАБОТАЕТ P25-РАДИОСТАНЦИЯ?

Радиостанция P25 работает почти так же, как обычная аналоговая FM-радиостанция. Согласно стандарту P25, радиостанция должна функционировать в обычном аналоговом режиме, обеспечивая обратную совместимость с существующим радиооборудованием. Когда P25-радиостанция работает в цифровом режиме, несущая частота сдвигается на одну из четырех возможных позиций, кодируя, таким образом, четыре возможные 2-битовые комбинации. Это есть модифицированная 4-уровневая частотная манипуляция (4FSK), используемая в аналоговых системах. В аналоговом режиме P25-радиостанция работает, как и обычная FM-радиостанция, с поддержкой сигнализации CTCSS, DCS, пред- и постискателями, с широко- и узкополосным режимом работы и т.д.

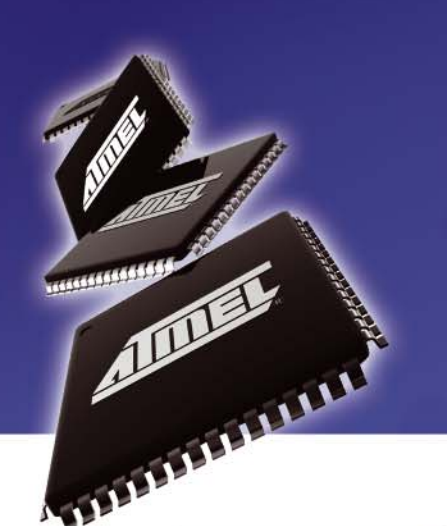
В цифровом режиме P25 передатчик преобразует аналоговую речь в последовательность пакетов, используя IMBE-вокодер, затем в приемнике декодирует цифровые данные обратно в аналоговую речь. Помимо этого, к кодированной речи добавляется сервисная информация (в первую очередь, для множественного доступа к радиоканалу), и применяются процедуры помехоустойчивого кодирования. Аналоговая сигнализация CTCSS и DCS заменяется цифровыми эквивалентами — кодами NAC (Network Access Code).

Для взаимодействия друг с другом P25-радиостанции используют CAI (Common Air Interface — общий радиоинтерфейс). Этот стандартный интерфейс описывает типы и содержание передаваемых по радио сигналов. Использующая CAI радиостанция P25 должна работать с другой использующей CAI радиостанцией P25 независимо от производителя.

Существующие P25-радиостанции работают в полосе 12,5 кГц. Таким образом, в полосе 25 кГц можно разместить 2 канала вместо одного, как в традиционной аналоговой FM-передаче. В Фазе 2 радиостанции P25 будут работать в полосе 6,25 кГц, что позволит в той же полосе разместить 4 абонента. P25-радиостанция должна работать в аналоговом режиме

Высокопроизводительные микроконтроллеры с ядром ARM926EJ-S для ресурсоемких приложений





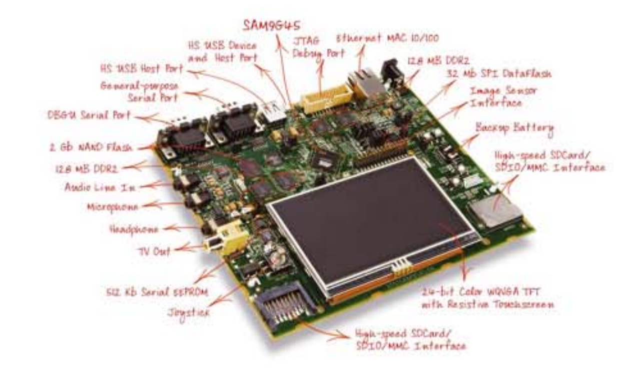
SAM9G45

- 400МГц
- DDR2
- HS USB (480 Mbit/s), Ethernet 10/100, SDIO, SD/MMC, CAM, LCD, AC'97
- 0.14Вт на 400 МГц в активном режиме

SAM9XE512

- 180 МГц (200 MIPS)
- Secured Flash 512Kb
- Ethernet 10/100, FS USB, SDIO, SD/MMC,CAM, LCD
- 0.1Вт на 180 МГц в активном режиме

	SAM9G45	SAM9M10
SDRAM & DDR2 400MHz HS USB Host & Device HS SDIO / SD / MMC	LCD E-MAC Camera Interface	LCD E-MAC Camera Interface Video Decoder







SAM9M10

Микроконтроллеры с индексом M – предназначены для мультимедийных приложений, в них добавлен **модуль видео декодера**, поддерживающий следующие форматы (H264,H263, MPEG4, MPEG2, VC1, JPEG) с разрешением до WVGA или D1 при 30 кадрах в секунду и **2D-ускоритель** с функциями масштабирования, вращения, преобразования цветов и картинка-в-картинке.



• Москва
Тел.: (495) 660-2855
Факс: (495) 660-2855
E-mail: cmp@argussoft.ru

• Санкт-Петербург
Тел.: (812) 412-0107
Факс: (812) 412-1849
E-mail: spb@ argussoft.ru

• Новосибирск
Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

• Екатеринбург
Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru

• Казань
Тел.: (843) 293-4100
Факс: (843) 293-4100
E-mail: kazan@argussoft.ru

www.argussoft.ru

ARGUSSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

на каналах с полосами 25 и 12,5 кГц, что позволяет постепенно переходить с аналоговых радиостанций к цифровым.

Передача голоса и данных в P25-радиостанции может быть защищена шифрованием. P25-стандарты описывают использование AES и DES, а также некоторых других алгоритмов. Существует также отдельная спецификация на алгоритм обмена ключами шифрования OTAR (Over the Air Rekeying).

В P25 канале связи голос или данные передаются со скоростью 9600 бит/с, защищенные кодом FEC (Forward Error Correction — код с прямой коррекцией ошибок). Это позволяет приемнику бороться с эфирными помехами и увеличить дальность связи.

P25 поддерживает низкоскоростную передачу данных, когда данные подмешиваются к передаваемому голосу, а также передачу на полной скорости 9600 бит/с.

АРХИТЕКТУРА РАДИОСТАНЦИИ P25

Упрощенная типичная схема P25 трансивера показана на рисунке 1.

На рисунке 1 опущены каскады преобразования ПЧ и некоторые другие специфичные элементы, не влияющие на принципы работы P25.

Архитектуру радиостанции P25 можно разделить на три основных части.

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ, ЦИФРО-АНАЛОГОВОЕ И РЕЧЕВОЕ КОДИРОВАНИЕ/ДЕКОДИРОВАНИЕ

P25 использует специфический метод оцифровки голоса с использованием вокодера IMBE (Improved Multi-Band Excitation — улучшенное многополосное возбуждение). Вокодер анализирует голос на микрофонном входе и вместо передачи самих отсчетов передает некоторые характеристики, представляющие голос. Приемник использует эти характеристики и синтезирует синтетический эквивалент переданного голоса. IMBE-вокодер оптимизирован в значительной степени под человеческий голос и не очень хорошо передает другие типы сигналов, включая DTMF.

IMBE-вокодер дискретизирует сигнал с микрофонного входа, генерируя 88 бит каждые 20 мс. Таким образом, вокодер передает речь со скоростью 4400 бит/с.

КАНАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ-ДЕКОДИРОВАНИЕ

Канальное кодирование — это метод, в котором системы передачи данных используют помехоустойчивое кодирование и другие методы защиты данных для обеспечения их корректного восстановления на приемной стороне. Помехоустойчивое кодирование и защита данных позволяют улучшить характеристики всей системы, работающей в условиях канальных помех, таких как шум, замирания и интерференция.

P25-стандарт включает целый спектр разнообразных типов кодирования: перемежение, линейное блочное кодирование, коды Хэмминга, коды Голуа, коды Рида-Соломона, БЧХ, укороченные циклические коды.

МОДУЛЯЦИЯ/ДЕМОДУЛЯЦИЯ И ФИЛЬТРАЦИЯ

В фазе 1 работа ведется в полосе 12,5 кГц с использованием C4FM-модуляции, представляющей собой разновидность QPSK, в которой каждый символ сдвигается по фазе на 45° относительно предыдущего символа. Несмотря на то что информация кодируется фазой C4FM-сигнала, его амплитуда несущей остается постоянной, генерируя таким образом ЧМ-сигнал с постоянной огибающей. Эта особенность позволяет использовать для фазы 1 радиотракты ЧМ аналоговых радиостанций практически без изменений, что упрощает переход аналогового оборудования на цифровой стандарт.

В фазе 2 работа ведется в полосе 6,25 кГц с использованием CQPSK-модуляции. У модулируемого CQPSK-сигнала одновременно модулируется фаза и частота таким образом, чтобы минимизировать ширину занимаемого спектра. В результате получается амплитудно-фазовомодулированный сигнал.

Передача ведется со скоростью 4800 бит/с, в которой каждый символ передает 2 бита информации. В таблице 1 указано соответствие между символами и битами для обоих видов модуляции.

Модулятор C4FM-сигнала включает фильтр Найквиста типа «приподнятый косинус», формирующий фильтр и FM-модулятор.

Модулятор C4FM строится на основе квадратурного модулятора, модулирующего одновременно две несущие. Фаза сигнала в квадратурном канале задержана относительно фазы сигнала в синфазном канале на 90°. Отфильтрованный 5-уровневый сигнал, полученный с выхода таблицы преобразования, используется как входной сигнал квадратурного модулятора. Структурные схемы модуляторов C4FM и CQPSK показаны на рисунках 2 и 3.

CQPSK-демодулятор способен принимать сигналы и с C4FM-, и с CQPSK-модуляцией. Детектор FM-сигнала на входе демодулятора позволяет принимать аналоговые FM-, C4FM- и CQPSK-сигналы. Это позволяет сохранить приемный тракт P25-радиостанции неизменным при переходе от фазы 1 к фазе 2 с 6,25-кГц рабочей полосой. Переделка нужна только для передатчика. Кроме того, такой демодулятор одинаково хорошо принимает аналоговый FM- и C4FM-сигналы. В настоящий момент оборудование фазы 2 еще не производится. Оно требует линейности выходных усилителей для передачи CQPSK-сигнала, чувствительного к нелинейным искажениям. Схема демодуляции показана на рисунке 4.

Сигнализация в стандарте APCO P25

Поддержка сигнализации в стандарте APCO P25 включает в себя селективные вызовы (selective calls) по идентификаторам вызывающего и вызываемого абонентов, групповой вызов с использованием идентификатора группы (talk group ID TGID), кода доступа к сети

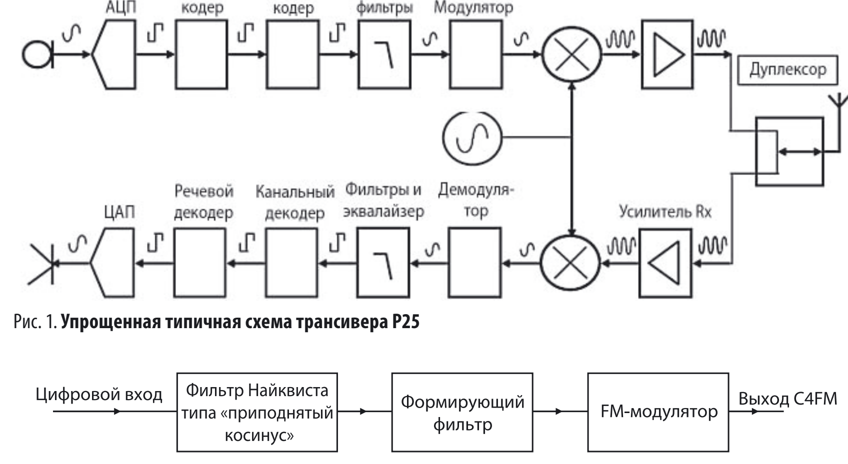


Рис. 1. **Упрощенная типичная схема трансивера P25**

Рис. 2. **Структурная схема модулятора C4FM**

Таблица 1. **Соответствие между символами и битами для обоих видов модуляции**

Информационные биты	Символ	C4FM-модуляция (фаза 1), кГц	CQPSK-модуляция (фаза 2), °
01	+3	+1,8	+135
00	+1	+0,6	+45
10	–1	–0,6	–45
11	–3	–1,8	–135

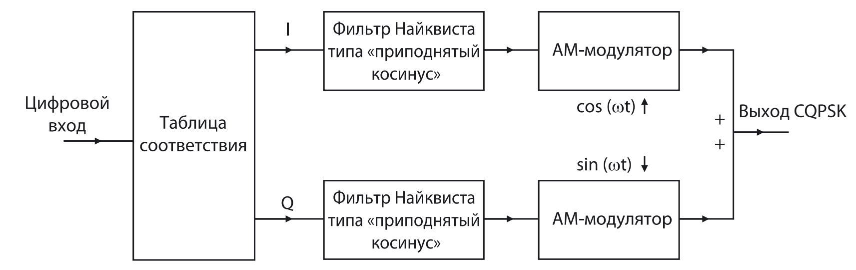


Рис. 3. **Структурная схема модулятора CQPSK**

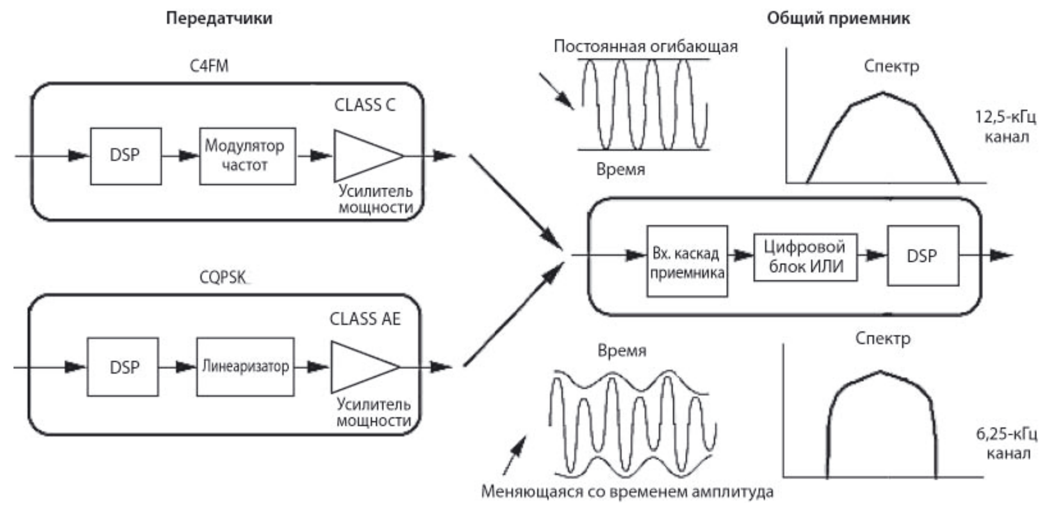


Рис. 4. **Схема демодуляции**

(network access code, NAC) и флаги тревоги. Также P25-сигнализация позволяет идентифицировать радиооборудование по идентификатору производителя (manufacturer ID, MID)

Идентификатор NAC представляет собой 12-битное слово и обычно используется для контроля доступа к сети, но также для правильной трансляции вызовов между сетями с разными NAC-кодами в повторителях. NAC-коды используются, как и аналоговые тоны CTCSS/DCS.

NAC-коды меняются в диапазоне $000–$FFF (в шестнадцатеричной системе исчисления) и содержат 4096 адресов (что много больше, чем стандартные CTCSS- и DCS-тоны). Некоторые значения кодов NAC имеют специфическое назначение, как показано в таблице 2:

Таблица 2. **Назначение некоторых кодов NAC**

Код	Назначение
$293	Используется как значение по умолчанию
$F7E	Приемник, у которого NAC-код установлен на $F7E, должен принимать вызовы от абонента с любым значением кода NAC
$F7F	Приемник повторителя, у которого NAC-код установлен на $F7F, направляет весь входящий трафик без изменения

СТАТУСНЫЕ СИМВОЛЫ

В структуре сигнала P25 предусмотрены 2 статусных бита, которые вставляются в сигнал на каждые 70 информационных битов. Эти символы позволяют повторителю индицировать абонентам (канал передачи) статус входящего канала. Повторитель устанавливает статусные биты в проходящем через него трафике, индицируя активность на своем входе.

Абонент устанавливает значение статусного бита в значение «неизвестно» (Unknown) в своих исходящих сообщениях, поскольку у него нет возможности индицировать статус любого входного канала.

Всего возможны 4 значения статусного символа:

01 — занято;

11 — не занято;

00 — неизвестно, устанавливается портативной или мобильной станцией;

10 — неизвестно, устанавливается ли повторителем.

Повторители используют символы 01 (занято), 11 (незанято), а портативные станции — символы 00 и 10. Таким образом, для индикации «занято» и «незанято» используется один символ и 2 символа — для индикации статуса «неизвестно». При передаче абонентом сообщения по прямому каналу используется значение «неизвестно» для прямого режима работы (00). Когда абонент посылает сообщение на вход повторителя, используется статус «неизвестно» для работы с повторителем (10). Такой простой способ индикации позволяет повторителю и абоненту отличать сообщения, предназначенные ему, от всех остальных сообщений.

Другое применение статусных битов состоит в их использовании для подстройки частоты опорного генератора абонентской станции под более точную частоту базовой станции или повторителя. Усредняя во времени статусные символы, можно оценить частотную расстройку между двумя опорными генераторами и внести соответствующую коррекцию. Таким образом повышается надежность системы связи.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ EDGE QAM-МОДУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПРЯМЫХ РЧ-ИНТЕРФЕЙСОВ

ТЭМ ДО (TAM DO), старший менеджер по маркетингу, Altera Corporation

Квадратурная амплитудная модуляция (Quadrature Amplitude Modulation — QAM) выполняет функцию шлюза для каналов радиопередачи видеоданных вместо кабельных сетей. Универсальный краевой QAM-модулятор (Universal Edge QAM — uEQAM), который входит в состав передающей головной станции, захватывает транспортный видеопоток, поступающий по Ethernet или оптоволоконным сетям, и модулирует видеоданные на нескольких радиочастотах. Обычно в EQAM-системах используются интерфейсы промежуточной частоты (ПЧ) и аналоговые смесители для преобразования сигнала с повышением частоты. В статье обсуждается методика проектирования цифровых Edge QAM-модуляторов с использованием FPGA для прямых РЧ-интерфейсов последнего поколения, что не требует применения дорогих и громоздких аналоговых компонентов.

ВВЕДЕНИЕ

Практическое применение uEQAM-модуляторов началось в 2009 г. uEQAM-модуляторы расположены на границах оптоволоконной сети и преобразуют выходную цифровую информацию, передаваемую по сети, в РЧ-сигналы для распределения ее среди абонентов.

Первая волна применения QAM наблюдается на рынках, где конкуренция с IPTV особенно сильна, т.е. в таких странах как Южная Корея, Япония и Франция. Надо сказать, что и Китай может занять лидирующие позиции в этой области благодаря развертыванию своей системы Next Generation Broadcast (NGB), которая будет обеспечивать сервис по доставке цифрового видео абонентам в следующем десятилетии. В EQAM используется стандарт передачи данных по сетям кабельного телевидения Data Over Cable Service Interface Specifications (DOCSIS). Версии стандарта DOCSIS 1.0, 1.1 и 2.0 обеспечивают скорость передачи до 40 Мбит/с. Последняя версия — DOCSIS 3.0 — способна передавать HD-видео со скоростью до 160 Мбит/с.

Число QAM-каналов на один РЧ-порт удваивается примерно каждые три года, хотя сдерживающим фактором и серьезной проблемой в этом отношении остается высокая потребляемая мощность.

EQAM представляет собой, по сути, модуль формирования и передачи РЧ-сигнала, который выносится за пределы кабельного модема CMTS (Cable Modem Termination System). Поскольку в последней версии DOCSIS был введен модульный принцип построения CMTS (M-CMTS), для EQAM понадобился еще один интерфейс к MAC-модулю. Новым интерфейсом является Ethernet, который, как определено в спецификации на интерфейсе DEPI (Downstream External Physical Interface), требуется для связи с удаленным модулем EQAM. EQAM-модуляторы могут также сопрягаться с видеосерверами через Ethernet и обеспечивать прямой канал радиопередачи, который предоставляет цифровой видеосервис абоненту.

Современные цифровые кабельные системы, развернутые по всему миру, используют стандарт QAM, в котором определяется структура кадра входных данных, прямое исправление ошибок в канале, вид фильтрации и QAM-распределение. Обычно, в цифровом ТВ в сигнале прямого канала используется формат 64- или 256-QAM. Источником данных, как правило, являются транспортные пакеты MPEG2 или H.264 (см. рис. 1).

QAM широко используется для модулирования цифрового видео, голосовых или информационных сигналов на несущей радиочастоте и обеспечивает ряд преимуществ, по сравнению с другими видами модуляции данных, например, фазовой манипуляции (Phase Shift Keying — PSK). QAM — это модулированный сигнал с двумя несущими основной полосы частот, сдвинутых по фазе на 90°, в результате чего формируется сигнал, в котором присутствует как изменение амплитуды, так и фазы. Поэтому этот вид модуляции можно рассматривать как сочетание амплитудной и фазовой модуляции. Амплитуда и фаза переносят цифровую информацию.

Международный телекоммуникационный союз (ITU) определил спецификацию J.83 версий Annex A, B и C, в которых описывается структура кадров, кодировка канала и канальная модуляция для цифровых мультисервисных систем передачи цифрового ТВ.

Исходный проект 8-канального QAM-модулятора основной полосы частот должен обеспечивать следующие требования:

– поддержку QAM-распределения и канальной фильтрации для 64-, 32-, 16- (Annex A), 256-, 64- (Annex B) и 64-точечных созвездий (Annex C);

– поддержку нескольких скоростей передачи и форматов QAM в соответствии с версией Annex. Различные каналы могут одновременно иметь разные скорости передачи и форматы QAM;

– выходной сигнал фильтра преобразуется с повышением частоты от основной частоты до цифровой радиочастоты.

Для простоты изложения мы не будем рассматривать блоки прямого исправления ошибок (FEC), т.к. они обычно они имеют одинаковую архитектуру для любого QAM-модулятора.

РАБОТА СИСТЕМЫ

J83-модулятор включен между модулем кодирования канала (FEC, устройством перемежения, шифратором, модулятором, решетчатым кодом) и цифровым преобразователем с повышением частоты (Digital Upconverter — DUC). DUC спроектирован с помощью программного средства Altera DSP Builder Advanced Blockset (как показано на рисунке 2).

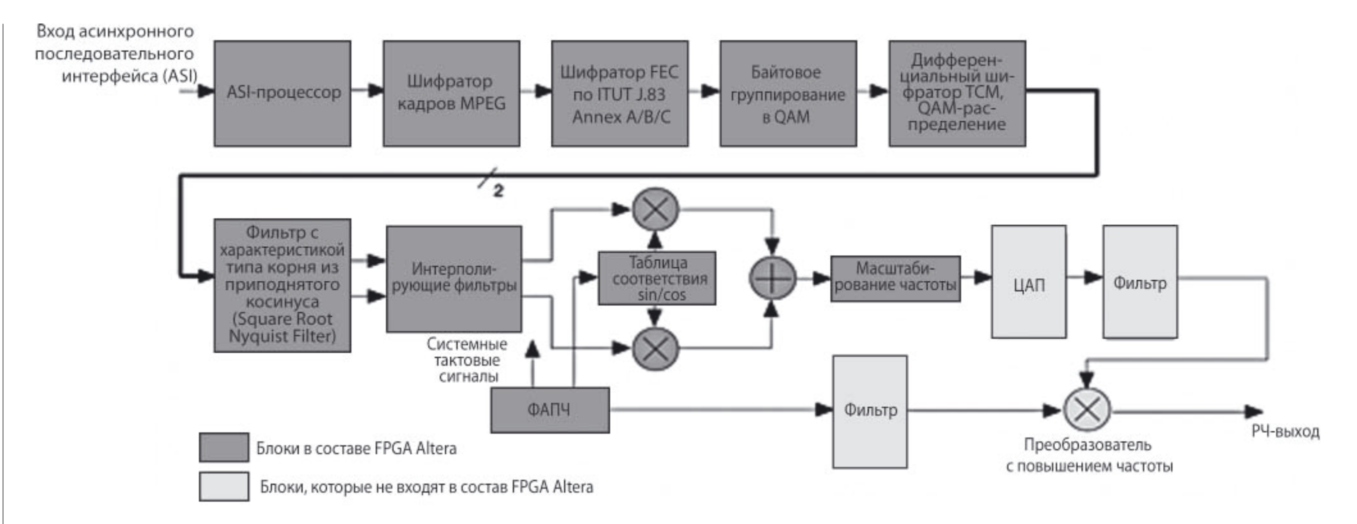


Рис. 1. **Типовая блок-схема QAM-модулятора**

Генератор нулевого пакета, который используется в качестве источника внутреннего сигнала, подключается ко входу TS (Transport Stream) и формирует частоту, которая задается на выходе TS_data_refclk. Используется интерфейс транспортного потока (TS) с возможностью синхронизации по PCR (Program Clock Reference).

Трафик блока прямого исправления ошибок (FEC) передается в J83-модулятор через агрегатор, который мультиплексирует/объединяет 8/16 потоков символьных данных с частотой 64 МГц в поток шины Avalon на частоте 256 МГц. Модулятор вначале пересылает строб соответствующей скорости передачи в блок FEC, который построен в соответствии с версией Annex и скоростью передачи. Блок FEC возвращает символьные данные вместе с полезным сигналом. Данные всех четырех каналов в пределах блока могут быть рабочими в одном и том же цикле. Выход блока FEC может иметь от 4 до 8 бит, в зависимости от созвездия (сетки QAM-точек).

На вход агрегатора подается сигнал от 2/4 4-канальных блоков FEC, а на выходе формируется 8/16 независимо канализированных TDM-шин. Для упрощения синхронизации тактовые сигналы для блока FEC и логической схемы агрегатора формируются одной схемой ФАПЧ. Программный анализатор синхронизации Quartus TimeQuest Analyzer рассматривает всю область передачи тактового сигнала как синхронизированную, в которой все тактовые сигналы выровнены по нарастающему фронту. Агрегатированный вход FEC передается в модулятор, работающий на той же тактовой частоте, но с другой фазой.

В процессе QAM-распределения/кодирования модулятор захватывает символьные данные, распределяет их по созвездию (сетке) и генерирует I- и Q-символы. Хотя I/Q-символы имеют только 16, 8, 6 или 4 уровня (для 256-, 64-, 32- и 16-QAM), используется 5 бит для представления I/Q-значений. Теперь TDM-шина используется полностью — максимально 32 канала по 8 МГц дают полосу 256 МГц.

Фильтр канала управления радиоресурсами (Radio Resource Control — RRC) получает I/Q-символы и формирует их в соответствии с коэффициентом избирательности. Выходная частота RRC-фильтра в два раза выше частоты передачи символа, поэтому необходимы два канала передачи (шины Avalon). Начиная с этого момента, обработка сигнала разделяется на два параллельных канала. После RRC-фильтра используется каскад усиления, чтобы в любом случае обеспечить сигнал полной шкалы.

Конвертор частоты выборки (Sample Rate Converter — SRC) должен захватывать данные синхронно с процессом преобразования частоты, поэтому между RRC-фильтром и SRC нужно включить компенсирующую FIFO-память. Статус записи и чтения FIFO-памяти доступен для отладки. Таким образом, любое опережение или отставание частоты можно будет скомпенсировать.

SRC использует один и тот же фильтр для всех скоростей передачи данных, но разные коэффициенты синхронизации — входной период отсчетов (input_sample_period) и выходной период отсчетов (output_sample_period). Устанавливая разные коэффициенты синхронизации, SRC может преобразовывать частоту входного сигнала в выходную частоту, отличную от 16 Мвыб/с (если исходить из использования 4096-МГц ЦАП). Например, если применять 4,608-ГГц ЦАП, то можно использовать ту же систему, но на более высокой частоте, и установить частоту выборки, равную 18 Мвыб/с.

После SRC включен каскад усиления/ослабления, который обеспечивает повышение/понижение уровня сигнала с шагом 1 дБ в диапазоне от 6 до –8 дБ. Поэтому на выходе SRC поддерживается уровень сигнала полной шкалы, и повышение уровня сигнала даже на 1 дБ может вызывать насыщение.

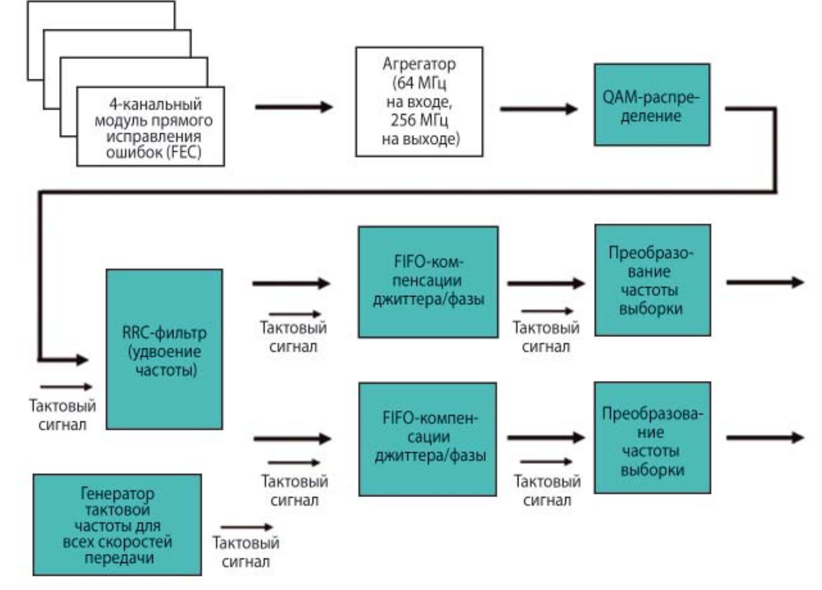


Рис. 2. **Блок-диаграмма J83-модулятора**

Проверка режима насыщения выполняется на всех выходах, для чего доступен статус переполнения, хотя в некоторых блоках системы гарантируется отсутствие переполнения при любых условиях. Частотные характеристики RRC-фильтра и комбинации RRC и SRC-фильтров показаны на рисунках 3 и 4.

Цифровой преобразователь с повышением частоты (DUC) является ключевым компонентом для всех систем передачи сигнала с цифровой модуляцией, в том числе для беспроводных и кабельных систем. В состав цифрового преобразователя входят аппаратные умножители и память. Основная задача DUC — фильтрация, повышение частоты выборки и модуляция цифрового сигнала основной полосы частот, в результате чего формируется ПЧ- или РЧ-сигнал с последующим преобразованием его в несущий аналоговый сигнал, готовый для радиопередачи. Для повышения частоты выборки сигнала основной частоты используется интерполирующий КИХ-фильтр. Для увеличения выходной частоты можно включить последовательно несколько интерполирующих фильтров. Если блок интерполирующих КИХ-фильтров увеличивает частоту выборки входного сигнала в I раз, то I — это целое число, которое определяется коэффициентом интерполяции. Процесс преобразования частоты состоит из двух этапов. На первом этапе производится повышение частоты выборки входного сигнала до более высокой частоты с помощью добавления I-1 нулевых данных между отсчетами, а на втором этапе производится фильтрация сигнала повышенной частоты с помощью прямой реализации КИХ-фильтра. Блок интерполирующих КИХ-фильтров реализует оба этапа — повышение частоты выборки и фильтрацию, используя структуру многофазного фильтра, которая более эффективна, чем использование алгоритма прямого повышения частоты выборки сигнала с последующей фильтрацией.

Исходный проект 8-канального цифрового QAM-преобразователя с повышением частоты содержит J.83B-модулятор основной частоты, цифровой преобразователь с повышением частоты (объединение каналов + повышение частоты выборки + модуляция несущей) и LVDS-интерфейс (см. рис. 5).

Средство разработки DSP Builder Advanced Blockset представляет собой набор функциональных блоков на основе спецификаций. В процессе проектирования задается максимальная частота, для которой средство разработки выбирает необходимое число конвейеров и поддерживает необходимую точность алгоритма канала передачи данных.

Входной сигнал для DUC формируется предварительным модулятором. Он выполняет следующие функции:

– обеспечивает входному потоку QAM-канала 6-МГц полосу пропускания на промежуточной частоте;
– выполняет 256-позиционное QAM-распределение;
– осуществляет фильтрацию канала, используя КИХ-фильтр с характеристикой типа «корень из приподнятого косинуса» (root raised cosine) с коэффициентом избирательности 0,12;
– разделяет I и Q компоненты.

DUC выполняет следующие операции:

– повышает частоту выборки до частоты цифрового РЧ-сигнала;
– преобразует частоту всех 6-МГц каналов;
– повышает частоту сигнала до несущей радиочастоты в диапазоне 55…880 МГц.

На рисунке 6 показана общая блок-схема DUC с различными каскадами повышения частоты. В данном примере

частота выборки сигналов по 8-ми каналам повышается в 16 раз до 256 Мвыб/с, используя последовательно включенные интерполирующие фильтры. Затем частотам 8-канальных сигналов присваиваются значения центральной частоты: –21, –15, –9, –3, 3, 9, 15 и 21 МГц путем умножения компонентов I и Q на cos(x) и sin(x) и сложения результатов. Восемь каналов с полосой 6 МГц дают суммарный сигнал с полосой 48 МГц.

Далее 48-МГц полоса преобразуется с повышением частоты в 16 раз до частоты выборки 4096 Мвыб/с, используя еще одну последовательность интерполирующих фильтров. Затем частота выборки сигнала повышается до радиочасто-

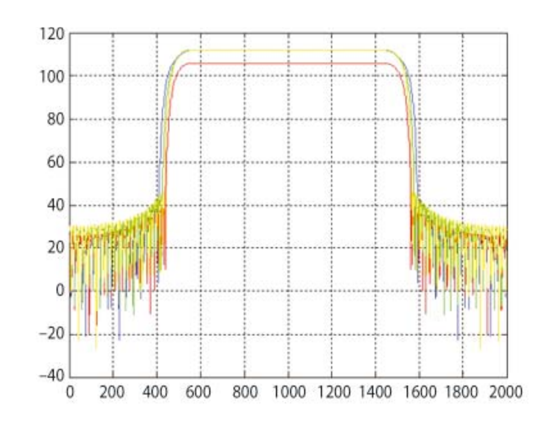


Рис. 3. **Частотная характеристика RRC-фильтра**

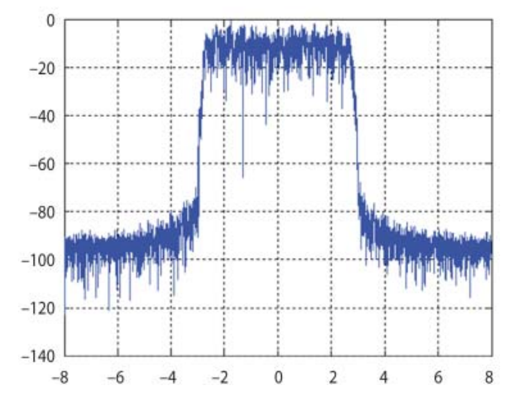


Рис. 4. **Частотная характеристика комбинации RRC- и SRC-фильтра**

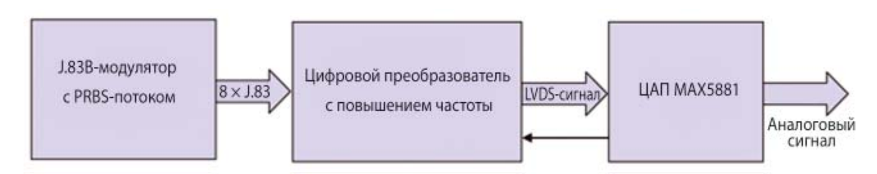


Рис. 5. **Блок-схема системы**

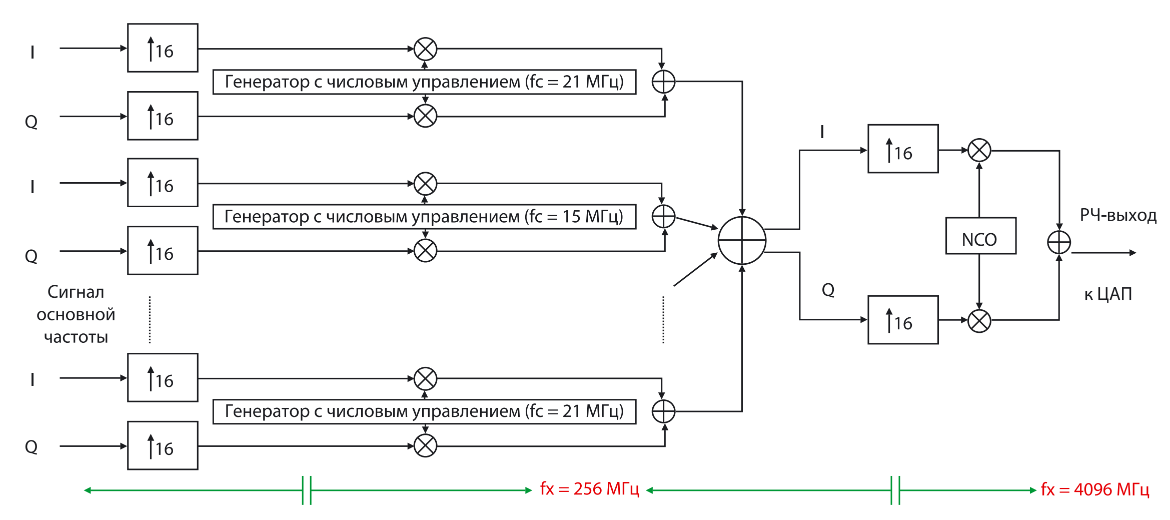


Рис. 6. **Функциональная блок-схема цифрового преобразователя с повышением частоты** (DUC)

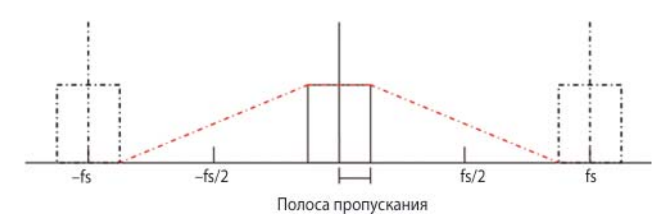


Рис. 7. **Спектр фильтра с половинной полосой пропускания**

ты несущей 860 МГц путем умножения компонентов I и Q на cos(x) и sin(x) и сложения результатов. Из-за ограничения максимальной рабочей частоты FPGA интерполирующие фильтры и модуляцию радиочастоты несущей реализуют с помощью М-параллельных ветвлений.

1-Я ИНТЕРПОЛЯЦИЯ С ПОМОЩЬЮ 16-ТИ ФИЛЬТРОВ ДО 256 МГЦ

Интерполирующие фильтры выполняют 16-кратное повышение частоты (256 МГц/16 МГц = 16) и фильтрацию нижних частот, чтобы сохранить входную полосу частот, препятствуя наложению спектров сигнала в процессе повышения частоты.

16-кратное повышение частоты обеспечивается 4-мя каскадами фильтров с половинной полосой пропускания (half-band filters). Эти фильтры делят полосу частот на две равные части, что позволяет использовать меньшее число умножителей. Фильтр с половинной полосой пропускания имеет то свойство, что все его четные коэффициенты, кроме центрального, равны нулю. Каждый фильтр с половинной полосой пропускания увеличивает выходную частоту выборки в два раза (как показано на рисунке 7).

1-Я ИНТЕРПОЛЯЦИЯ С ПОМОЩЬЮ 16-ТИ ФИЛЬТРОВ ПОСЛЕ 256 МГЦ

Интерполирующие фильтры выполняют 16-кратное повышение частоты (4096 МГц/256 МГц = 16) и фильтрацию нижних частот, чтобы сохранить входную полосу частот и в то же время препятствовать наложению спектров сигнала в процессе повышения частоты.

МНОГОФАЗНЫЙ ГЕНЕРАТОР С ЧИСЛОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Генератор с числовым управлением (NCO) используется для формирования цифровой радиочастоты несущей. Частота несущей ограничивается, согласно теореме Найквиста, половиной частоты выборки NCO. Частота выборки NCO в данном случае составляет 256 МГц. Для использования совместно с гигагерцовым ЦАП была предложена схема многофазной модуляции, в которой применен высокоскоростной LVDS-интерфейс, встроенный в FPGA, с тем, чтобы получить радиочастоту несущей, превышающую частоту Найквиста. Чтобы синтезировать несущую радиочастоту на частоте выборки 4,096 ГГц, нужно 16 генераторов с числовым управлением (NCO) для передачи 16 фаз 860-МГц синусоидального сигнала.

Таблица 1. **Допустимые значения MER для различных типов QAM-созвездия**

Формат модуляции	Нижний порог	Верхний порог
QPSK	7…10 дБ	40…45 дБ
16 QAM	15…18 дБ	40…45 дБ
64 QAM	22…24 дБ	40…45 дБ
256 QAM	28…30 дБ	40…45 дБ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеются два важных параметра, которые часто используются для описания сигналов с цифровой модуляцией: коэффициент битовых ошибок (bit error ratio — BER) и коэффициент ошибок модуляции (modulation error ratio — MER). BER — это один из нескольких показателей, используемых в передаче цифровых данных. Например, если передается 1, а затем она принимается как 0, то это означает появление битовой ошибки. BER оценивается путем передачи некоторого числа бит и сравнения числа ошибочных бит, принятых на другом конце канала, с общим числом принятых бит. В общем случае BER — это отношение ошибочных бит к общему числу переданных, принятых или обработанных бит за определенный промежуток времени. Для математического описания BER часто используют две формулы:

BER = (число ошибочных бит)/(общее число бит);

BER = (число ошибок в измеряемый период времени)/(скорость передачи бит × измеряемый период времени).

MER в большей степени зависит от типа созвездия QAM. MER определяется как отношение средней мощности QAM-символа к средней мощности ошибки:

MER, дБ = 10•log (средняя мощность символа/средняя мощность ошибки).

Чем выше величина MER, тем лучше, так же и для отношения сигнал-шум. Каждая точка данного QAM-созвездия имеет фиксированное положение. Если точка созвездия отклоняется от заданного положения, что означает ухудшение характеристик системы, то MER уменьшается (см. табл. 1).

Для сигналов с цифровой модуляцией коэффициент мощности в соседнем

Таблица 2. **Реальные измеренные уровни ACP для 8-канального QAM**

№№ п/п	Полоса частот	Число объединенных каналов на РЧ-порт, N				
		1	2	3	4	N>4
1	Соседний канал (до 750 кГц от края блока каналов)	<–58 дБс	<–58 дБс	<–58 дБс	<–58 дБс	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-58/10} \div (0,75/6) \cdot (10 \div (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$, дБс
2	Соседний канал (750 кГц от края блока каналов до 6 МГц от края блока каналов)	<–62 дБс	<–60 дБс	<–60 дБс	<–60 дБс	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-52/10} \div (5,25/6) \cdot (10^{-55/10} \div (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$, дБс
3	Следующий соседний канал (6 МГц от края блока каналов до 12 МГц от края блока каналов)	<–65 дБс	<–64 дБс	<–63,5 дБс	<–63 дБс	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-55/10} \div (N-1) \cdot 10^{-73/10}]$, дБс
4	Третий соседний канал (12 МГц от края блока каналов до 18 МГц от края блока каналов)	<–73 дБс	<–70 дБс	<–67 дБс	<–65 дБс	Для N=5: –64,5 дБс; Для N=6: –64 дБс; Для N=7: $<-73 \div 10 \cdot \log_{10}(N)$, дБс
5	Шум в других каналах (от 47 до 1000 МГц), измеренный в каждом 6-МГц канале, кроме следующих случаев: а) полезные канал(ы) б) 1-й, 2-й и 3-й соседние каналы (см. п.п. 1, 2, 3, 4 данной табл.) в) совпадение каналов со 2-й и 3-й гармоникой (см. п. 6 данной табл.)	<–73 дБс	<–70 дБс	<–68 дБс	<–67 дБс	$<-73 \div 10 \cdot \log_{10} N$, дБс
6	В каждом из 2N смежном 6-МГц канале или каждом из 3N смежном 6-МГц канале, совпадающим со 2-й и 3-й гармоникой, соответственно (до 1000 МГц)	$<-73 \div 10 \cdot \log_{10}(N)$, или –63 дБс в зависимости от того, что больше				

канале (Adjacent Channel Power — ACP) обычно рассчитывают как отношение мощности в основном канале к мощности в соседнем канале. В случае цифровой модуляции основной канал будет иметь статистику, подобную шумовому сигналу. Обусловлены ли сигналы в соседнем канале широкополосным шумом, фазовым шумом или интермодуляцией шумоподобных сигналов в главном канале, в этом (соседнем) канале будет наблюдаться шумоподобная статистика. Одной из задач спецификации DRFI (Downstream RF Interface) DOCSIS является гарантия минимального значения отношения мощности несущей к шуму (Carrier-to-Noise Ratio — CNR) для аналогового канала на уровне 60 дБ в системах, использующих до 119 QAM-каналов. В данной спецификации принимается, что уровень передаваемой мощности цифровых каналов будет на 6 дБ ниже максимального значения мощности огибающей сигнала изображения аналоговых каналов, что является обычным режимом для 256 QAM. В таблице 2 показаны требования по ACP для любого модулированного QAM-канала в пределах выделенной РЧ-полосы в соответствии со спецификацией DRFI DOCSIS.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tam Do. Next Generation Direct RF EdgeQAM Design//www.eejournal.com.*

ПРОЦЕССОРЫ VOIP. ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

ЮЛИЙ КРЫЛОВ, к.т.н., гл. конструктор, ЗАО «Т&Т Телеком»

В статье представлена широкая линейка процессоров AudioCodes, реализующих голосовую связь по пакетным сетям.

Сегодня телефонные аппараты — одно из основных средств коммуникации, но качество звука при этом ограничено. Это происходит из-за ограниченной полосы пропускания (3,4 кГц) коммутируемой сети электросвязи — Public Switched Telecommunications Network (PSTN).

Применение технологии VoIP в широкополосной сети позволяет расширить полосу пропускания, используя кодирующие алгоритмы, при этом возрастает качество передачи голоса, делая коммуникации более эффективными и естественными. Широкополосные кодеры могут почти в два раза превысить полосу пропускания PSTN. Передача голоса с высоким разрешением (HD VoIP) еще более улучшает качество и создает эффект присутствия.

В настоящее время полоса пропускания телефонов ограничена телефонной трубкой, микрофоном и динамиком, что не позволяет достичь качества HD VoIP. Широкополосные IP-телефоны решают эту проблему, поддерживая широкополосные кодеры (G. 722 или Microsoft RTA) и используя высококачественные громкоговорители и микрофоны.

Рис. 1. **Структурная схема AC494**

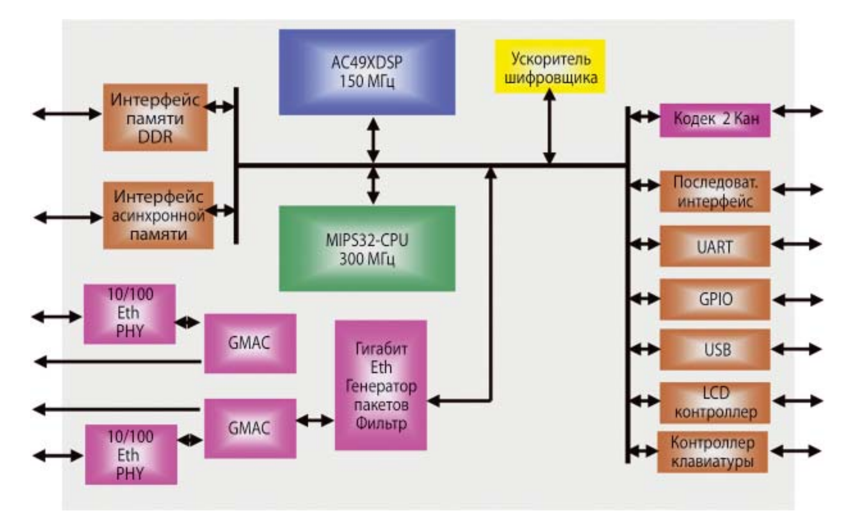


Рис. 2. **Структурная схема AC495E**

Аудиокодеки HD VoIP представлены на рынке в большом разнообразии. Они используют самые популярные широкополосные кодеры, такие как G 722, G 722.2, G. 729.1, G 711.1 и Microsoft RTA, позволяющие осуществить:

– скрытие пакета потерь;
– подавление акустического эха;
– адаптивную буферизацию колебаний;
– широкополосную голосовую конференц-связь;
– широкополосное транскодирование СМИ.

Компания AudioCodes предоставляет полную линейку процессоров, реализующих голосовую связь по пакетным сетям. Многофункциональная программа комплексных решений позволяет быстро развить производство и за короткое время выйти на рынок. Чип-процессоры VoIP предназначены для поддержания высокой и средней скорости передаваемой информации через устройства интегрированного доступа (IAD) и IP-телефонов.

AC494

Процессор AC494 в одном корпусе сочетает все компоненты IP-телефонов, включая MIPS 4KEC процессора, AC49x DSP и 3-х портовый коммутатор Ethernet, а также внутренние кодеки и последовательные порты. AC494 основан на применении высокоинтегрированной архитектуры VoIPerfectHD™ (High Definition VoIP) и требует минимального количества периферийных устройств. Его структурная схема приведена на рисунке 1.

AC 495E

AC495E сочетает в одном корпусе все компоненты IP-телефонов, в том числе MIPS 24KEC процессора, AC49x DSP и 3-портовый коммутатор Ethernet (ПДК) вместе с широким набором периферийных устройств — внутренних кодеков и последовательных портов. Встроенную периферию образуют 24-разрядный цветной ЖК-контроллер, 8×8 интерфейс клавиатуры, USB-контроллер и два последовательных UARTs порта. Структурная схем контроллера приведена на рисунке 2.

AC496E/AC498

Процессоры AC496E/AC498 — новейшие разработки компании AudioCodes. Двухъядерный процессор на основе MIPS 24KEC RISC-процессор на 300 МГц и AC49x-DSP на 150 МГц позволяет разрабатывать IP-телефоны, шлюзы и IP-УАТС с улучшенной передачей голоса и эффективной производительностью. Эти устройства основаны на архитектуре VolPerfectHD™, интегрируют Gigabit Ethernet (10/100/1000 Мбит/с) и имеют два коммутатора Fast Ethernet (10/100 Мбит/с) трансиверов, что позволяет дополнительно развить традиционный Fast Ethernet, IP-телефон без дополнительных затрат и добавления внешних приемопередатчиков.

Два Ethernet Media Access контроллеров (MAC) поддерживают высокоскоростной и гибкий механизм переключения, который присоединяет IP-телефон или ATA (телефонный адаптер) к ПК или локальной сети (LAN) через три Ethernet-порта Gigabit Ethernet. AC494E и AC496E также содержат два 10/100 Ethernet, ТМФ, позволяющие разработчикам создавать эффективные с экономической точки зрения телефоны, когда гигабитной технологии не требуется.

Процессор AC494E интегрирован с PCM (TDM) интерфейсами, поддерживающими связь с аналоговыми устройствами — FXS, FXO и BRI. AC49x-DSP интегрированы в AC494E и могут поддерживать до 4 каналов VoIP вместе с VLYNQ — высокоскоростным последовательным интерфейсом. Могут быть добавлены дополнительные устройства с поддержкой до 16 каналов VoIP.

Процессор AC49x-DSP на 150 МГц позволяет ODM-и OEM-производителям разрабатывать IP-телефоны, шлюзы и IP-УАТС с повышенной производительностью при передаче голоса и данных. Эти устройства основаны на архитектуре VolPerfectHD™ AudioCodes. Устройства интегрированы с аппаратными ускорителями, чтобы устранить возможные задержки и обеспечить прозрачность для пользователей.

Безопасность достигается с помощью различных алгоритмов защиты. К ним относятся AES, DES, 3DES алгоритмы шифрования, SHA1 и MD5 аутентификации, открытый ключ (PKA) и генерации случайных чисел (ГСЧ). Кроме того, эти устройства имеют статический пакетный фильтр для защиты от «отказа» в обслуживании (DoS) атак. Доступен также инструментарий сочетания программных и аппаратных ссылок, что позволяет ODM- и OEM-производителям сократить время разработки системы. Имеется полное программное обеспечение (ПО) Linux Suite для передачи голоса, сетевые протоколы и управление приложениями. Это ПО доступно в исходных кодах. Структурные схемы оценочных плат AC496E и AC498 приведены на рисунках 3 и 4 соответственно.

AC48X

AC48304 является идеальным устройством для обработки голоса по IP и передачи голоса поверх DSL. Процессор AC48304 VoIP состоит из четырех голосовых портов пакетного процессора, который сочетает сжатие голоса, T.38-совместимый реле-факс и другие функции обработки. Проверенное на практике, многофункциональное ПО сокращает время выхода изделия на рынок. Процессор AC48304 разработан на базе VolPerfect™ архитектуры AudioCodes.

AC486xx является идеальным решением для E1 — шлюз-концентратора, а также блока высокой плотности операторского класса передачи голоса по IP-шлюзам. Благодаря высокой плотности каналов, низкому энергопотреблению, устройствам доступа маршрутизации и коммутации оборудования без внешней памяти применение AC486xx является экономически целесообразным. Процессор AC486xx основан на базе VolPerfect™-архитектуры. Процессоры AC 480x, выполняющие функции обработки голоса для различных режимов передачи через IP по DSL, отличаются самой низкой ценой. Оценочная плата процессора приведена на рисунке 5.

AC490

Ряд процессоров AC490xx — это идеальное решение передачи голоса по IP (VoIP) шлюзам. Благодаря низкому энергопотреблению и небольшим

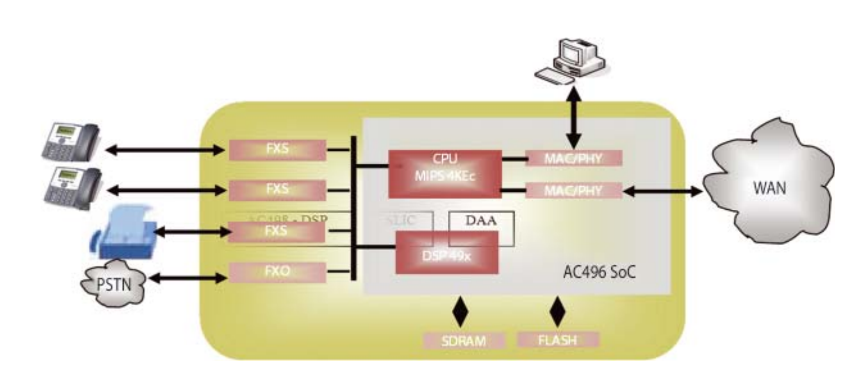


Рис. 3. **Оценочная плата AC496E**

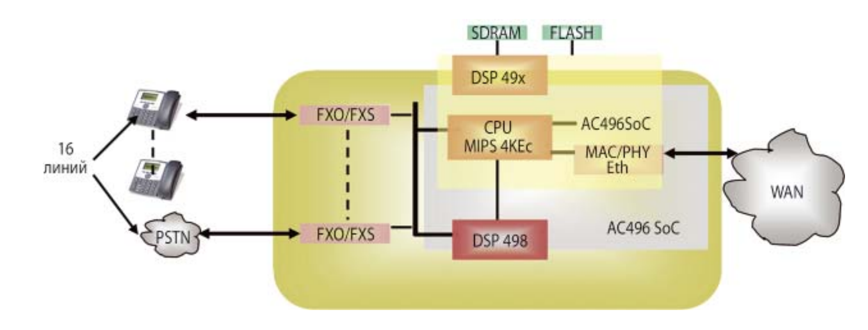


Рис. 4. **Оценочная плата AC498**

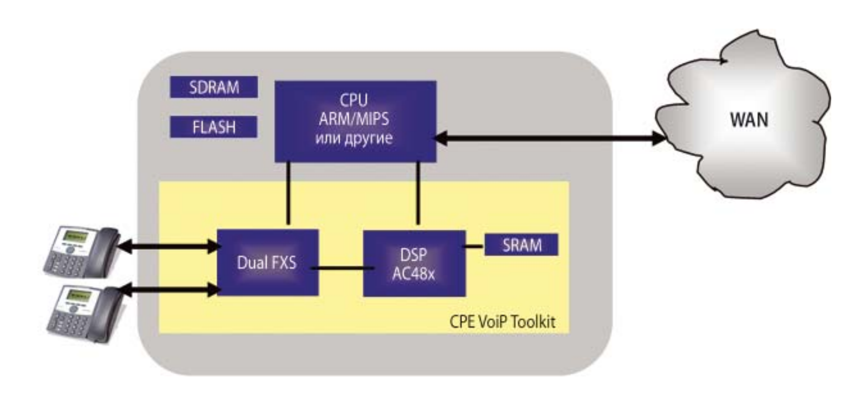


Рис. 5. **Оценочная плата AC486**

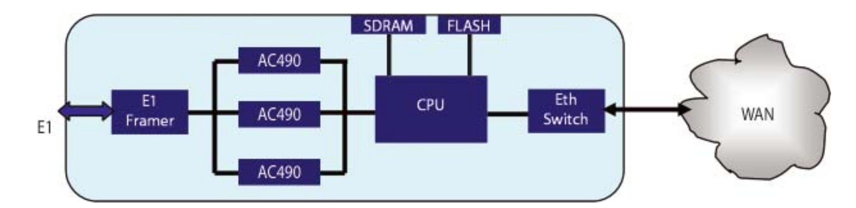


Рис. 6. **Пример передачи потока данных E1 через VoIP с использованием AC490**

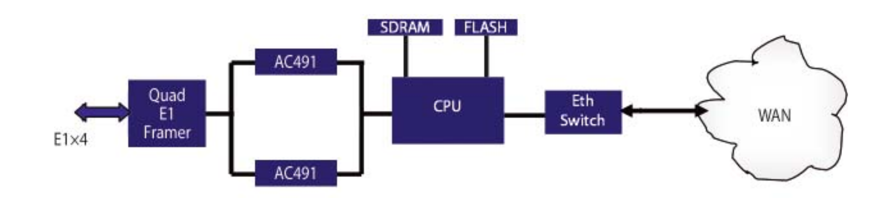


Рис. 7. **Пример передачи потоков E1×4 с использованием AC490**

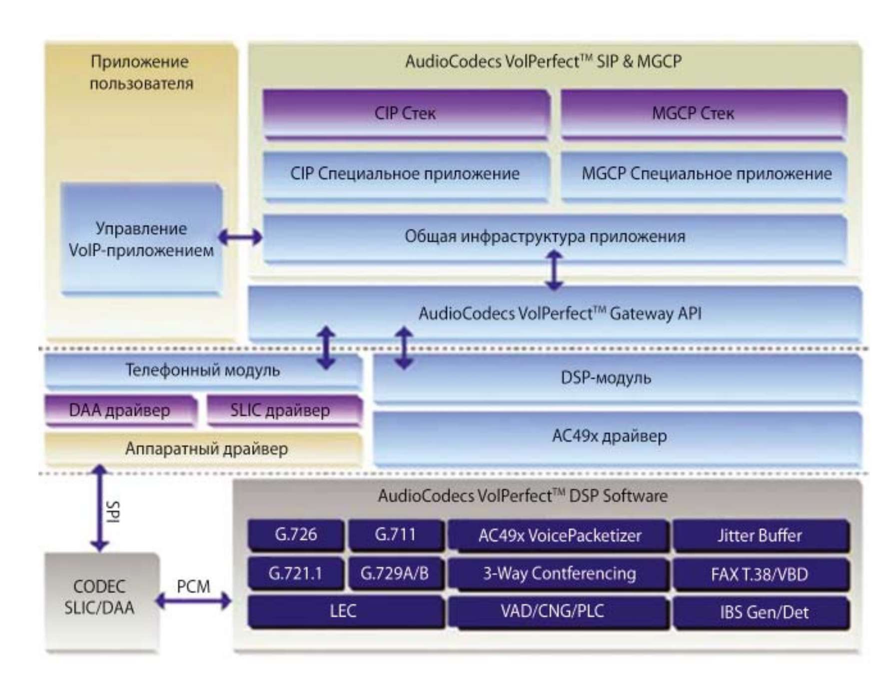


Рис. 8. **Структура ПО AudioCodecs**

размерам AC490xx обеспечивает отличную платформу для построения шлюзов VoIP. Многофункциональное ПО и референс-дизайн позволяют минимизировать время выхода изделия на рынок. Процессор AC490xx основан на VolPerfect™-архитектуре. Передача потока данных E1 через VoIP показана на рисунке 6.

AC49XXX

ЦПОС AC491xxx являются идеальным решением для передачи голоса по IP-шлюзам при высокой плотности каналов (до 240 каналов без сжатия голоса или 120 каналов сжатого голоса), низком энергопотреблении (менее 5 мВт/ч для несжатого голоса). Имеет малые размеры (16×16 мм). Требуемый объем памяти AC491xxx обеспечивает превосходное решение для высокой плотности шлюзов. Процессор AC491xxx основан на VolPerfect™ архитектуре AudioCodes.

Процессор AC491L является частью ряда AC49x. Это идеальное решение для цифровой и аналоговой передачи голоса по МСП IP-шлюзам и IP-АТС. Процессор AC491L имеет 32 голосовых канала, характеризуется низким энергопотреблением и небольшими размерами 16×16 мм. При отсутствии внешней памяти AC491L обеспечивает среднюю плотность шлюзов. Процессор AC491L основан на VolPerfect™-архитектуре. На рисунке 7 показан пример передачи потоков E1×4 с использованием AC490.

AC50XX

Процессор AC50xx — это идеальное решение для малого, среднего бизнеса (SMB), VoIP-шлюзов и IP-АТС. Устройство имеет отдельный сетевой процессор, многофункциональное ПО, современную архитектуру аппаратных средств. Устройство содержит RMII/MII интерфейс для загрузки процессора. Процессор AC50xx основан на архитектуре VolPerfect™ AudioCodes. Возможности:

– многофункциональный DSP с превосходным качеством передачи голоса;
– разнообразные вокодеры для различных приложений VoIP;
– отличные VoIP-дополнения для конструкций с автономным процессором;
– коммутация процессора через интерфейсы RMII/MII;
– совместимость по выводам;
– передача голоса.

Состав ПО AudioCodecs:

Media Processing:

– голосовые кодеры: G.711, G.729A/B, G.723.1, G.726;
– широкополосный кодер: G.722;
– 3-сторонняя конференция;
– поддержка факса: T.38, совместимого с G3 Fax Relay;
– отмена эха: G.168-2004 до 32 мс;
– VAD — Voice Activity Detection;
– СПГ — генерация комфортного шума;
– PLC — сокрытие потери пакетов;
– адаптивный буфер джиттера, до 300 мс с изменением порядка;
– настраиваемое цифровое управление.

Телефонная сигнализация:

– программируемые Call-прогресс, мелодии, обнаружение, генерация;
– DTMF-обнаружение и генерирование;
– Caller ID-обнаружение и генерация (при подъёме трубки):
– Telcordia (тип 1 и 2);
– ETSI (ETS 300 659-1 и 2);
– NTT (тип 1 и 2).

Пакетирование:

RTP/RTCP-пакетирование: RFC 3550, 3551

– RTP-избыточность: RFC 2198;
– DTMF: RFC 2833;
– RTCP XR: RFC 3611 (опционально).

VoIP-протоколы сигнализации:

– SIP: RFC 3261, 3262, 3264, 2327, 2976
– MGCP: RFC 2705, 3435, 2327

Поддержка телефонии:

– FXS- и FXO-аналоговые интерфейсы;
– телефонный коммутатор;
– 3-сторонняя конференция;
– переадресация вызова;
– удержание вызова;
– перевод вызова;
– ожидание вызова;
– операционная система Embedded Linux, Linux SMTC.

Структура ПО приведена на рисунке 8.

ВЫБРОСЫ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕПЯХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

ВИКТОР ОХРИМЕНКО, технический консультант, НПФ VD MAIS

Высоковольтные выбросы напряжения длительностью от единиц микросекунд до сотен миллисекунд — это обычное явление для телекоммуникационных, автомобильных и промышленных систем низковольтного электроснабжения. В статье рассмотрены источники помех, а также средства и варианты защиты от высоковольтных выбросов напряжения в цепях электропитания.

ВВЕДЕНИЕ

Телекоммуникационное и промышленное оборудование, а также устройства автомобильной электроники подвержены воздействию разного рода помех, блуждающих по цепям электропитания и способных создавать многочисленные проблемы вплоть до полного выгорания приборов. Чтобы этого не происходило, нужно предусмотреть соответствующие меры защиты. Средства и методы борьбы с электрическими помехами и выбросами напряжения в цепях питания разных приложений, будь то промышленное или телекоммуникационное оборудование, мало чем отличаются. Но, возможно, наиболее агрессивной средой для электронных приборов является система электроснабжения автотранспортных средств, поэтому в этой статье рассмотрены источники выбросов напряжения и возможные варианты защиты именно на примере автомобильных систем электропитания. Основное внимание уделено средствам защиты, основанным на применении специализированных интегральных схем (ИС), выпускаемых компаниями Maxim Integrated Products и Linear Technology [1–7].

ИСТОЧНИКИ ВЫБРОСОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Высоковольтные выбросы напряжения малой длительности (единицы микросекунд и менее) вызваны, как правило, коммутацией индуктивных нагрузок: электродвигателей управляющих механизмов, компонентов высоковольтной системы зажигания и других, содержащих катушки индуктивности.

Общие требования, методика проверки кондуктивной помехозащищенности автомобильного оборудования, а также модели импульсов, имитирующие кондуктивные помехи в системе электрооборудования, разработаны международной организацией по стандартизации ISO (International Organization for Standardization) и приведены в стандарте ISO 7637 (Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling).

Требования к форме и параметрам генерируемых тестовых импульсов, предназначенных для проверки кондуктивной помехозащищенности автомобильного оборудования, описаны в стандарте ISO 7637-2-2004 (Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only) [6]. Для тестирования оборудования разработаны восемь моделей импульсов (1, 2а, 2б, 3а, 3б, 4, 5а, 5б), имитирующих выбросы напряжения в автомобильной электропроводке. Структурные схемы их формирования и форма некоторых импульсов приведены на рисунке 1. В таблице 1 даны параметры импульса 1. Как видно, амплитуда выбросов напряжения в автомобильных системах, использующих напряжение 24…27 В может достигать 600 В [6].

В Японии действуют стандарты JASO A-1 и JASO D-1. Некоторые различия параметров импульсов, регламентируемых стандартами ISO 7637-2 и JASO A-1, приведены в таблице 2 [7]. Самые «агрессивные» выбросы напряжения (импульс 5а) порождаются генератором переменного тока при отключенном аккумуляторе. Длительность переходного процесса может составлять несколько сотен миллисекунд, в некоторых случаях — до 1 с или более, при максимальной амплитуде выбросов напряжения более 100 В, что для стандартных полупроводниковых приборов, мягко говоря, небезопасно или, говоря прямо, смертельно.

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Было бы разумно для повышения КПД устройств использовать энергию, запасенную в мощных высоковольтных выбросах напряжения отрицательной и положительной полярности, или отказаться от нее. С импульсами отрицательной полярности так и поступают, в простейшем случае на их пути устанавливают барьер — диод, а вот с импульсами положительной полярности дело обстоит сложнее. Можно установить на входе каждого из устройств конденсатор большой емкости, который сглаживал бы выбросы напряжения и аккумулировал запасенную в них энергию. В системе электроснабжения автомобиля для этих целей служит аккумулятор. Однако наиболее мощные помехи генерируются именно при отключенном аккумуляторе. Один из вариантов — использовать импульсные понижающие преобразователи напряжения с расширенным диапазоном входных напряжений. Несколько компаний выпускают стандартные ИС, работающие при расширенном диапазоне входных напряжений — микросхемы LTC3703, LTC3810, MC34063A, MAX5090A/B/C, MAX5092/93, TPS5430, TPS54x40/60. Однако, как показывает практика, амплитуда выбросов напряжения может достигать 150…200 В.

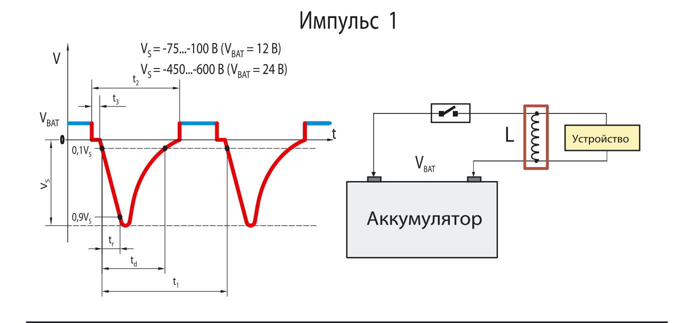
Традиционные до недавних пор средства защиты оборудования от перена-

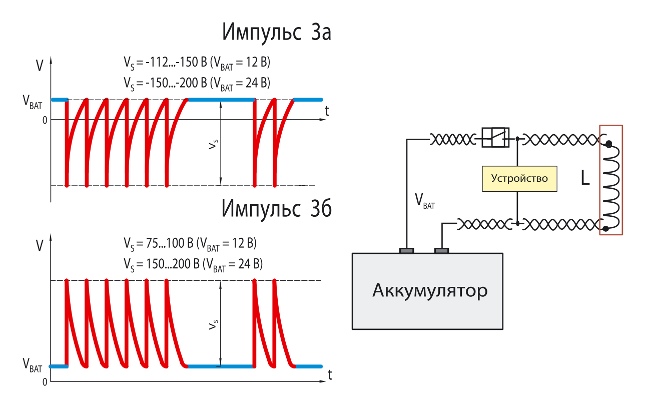
Таблица 1. **Параметры тестового импульса 1**

Наименование параметра	V_{BAT}	
	12 В	24 В
U_S, В	–75…–100	–450…–600
R_i, Ом	10	50
t_d, мс	2	1
t_r, мкс	1	3
t_1, с	0,5…2,0	
t_2, мс	200	
t_3, мкс	<100	

Таблица 2. **Отличия параметров, регламентируемых стандартами ISO 7637-2 и JASO A-1**

Стандарт	$(V_{BAT}+V_S)$, В	V_S, В	V_{BAT}, В	R_i, Ом	T, мс
JASO A-1	70	—	12,0	0,8	200
	88	—	12,0	1,0	200
ISO 7637-2, импульс 5	78,5–100,5	65–87	13,5	0,5–4,0	400





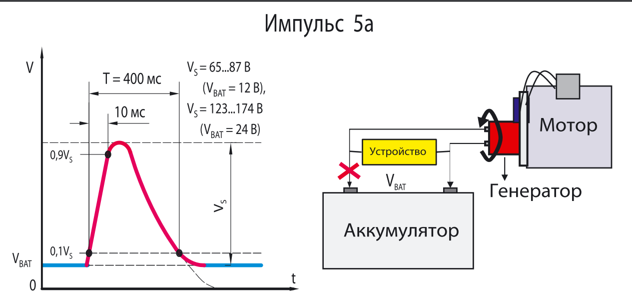


Рис. 1. **Виды тестовых импульсов и структурные схемы их формирования**

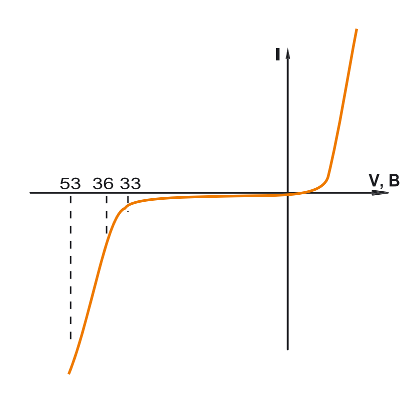
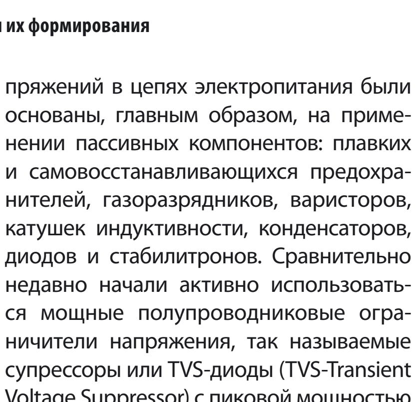


Рис. 2. **Вольт-амперная характеристика TVS-диода типа 3.0SMCJ33A**



пряжений в цепях электропитания были основаны, главным образом, на применении пассивных компонентов: плавких и самовосстанавливающихся предохранителей, газоразрядников, варисторов, катушек индуктивности, конденсаторов, диодов и стабилитронов. Сравнительно недавно начали активно использоваться мощные полупроводниковые ограничители напряжения, так называемые супрессоры или TVS-диоды (TVS-Transient Voltage Suppressor) с пиковой мощностью от сотен ватт до 6–8 кВт.

Ограничитель напряжения на базе TVS-диода имеет большой разброс напряжений пробоя и ограничения, что обусловлено малой крутизной обратной ветви вольт-амперной характеристики, вследствие чего при увеличении протекающего через него тока увеличивается и падение напряжения на диоде (см. рис. 2). Компания Vishay General Semiconductor выпускает несколько типов TVS-диодов, предназначенных для применения в автомобильной электронике — 6KA24, SM5A27, SM6A27, а также ряд других.

На рисунке 3 приведены эпюры тока через диод (красная линия) и падения напряжения (зеленая и синяя линии), полученные при испытании TVS-диода типа SM5S24A с использованием тестовых импульсов 5а [7]. На этом рисунке приведены также параметры импульсов. Как следует из рисунка, при сопротивлении источника 0,5 Ом напряжение ограничения снижается почти до 0 В, а ток через диод равен максимально возможному V_{IN}/R_i. На рисунке 4 приведены графики зависимости допустимой амплитуды импульса (V_S) от сопротивления источника для разных типов диодов [7].

Недостаток применения предназначенного для защиты от переполюсовки стандартного высоковольтного диода — сравнительно большое падение напряжения (0,5–1,0 В) и, соответственно, увеличенная потеря мощности. Замена диода MOSFET-транзистором может снизить падение напряжения до 60…200 мВ, в зависимости от величины протекающего тока. Это особенно важно при больших нагрузках и в приложениях, для которых нежелательно снижение напряжения питания даже на небольшую величину.

Варисторы имеют значительный ток утечки и непродолжительный срок службы, и, кроме того, их характеристики изменяются в процессе эксплуатации и с течением времени.

На рисунке 5 приведены возможные варианты подключения пассивных компонентов, применяемых для защиты от выбросов напряжения. Вовсе не обязательно включать сразу все, это всего лишь пример. Использование пассивных дискретных компонентов

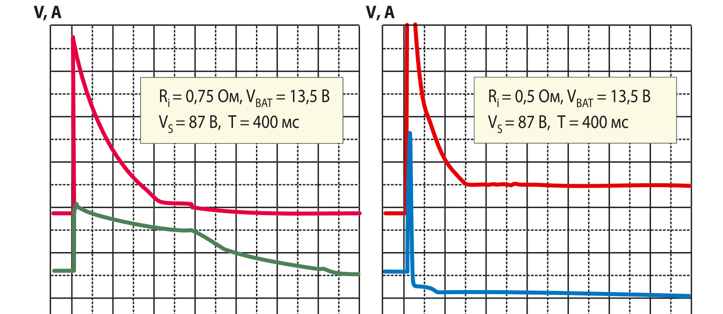


Рис. 3. **Эпюры падения напряжения и тока через диод (SM5S24A) при его испытании с использованием тестового импульса 5а**

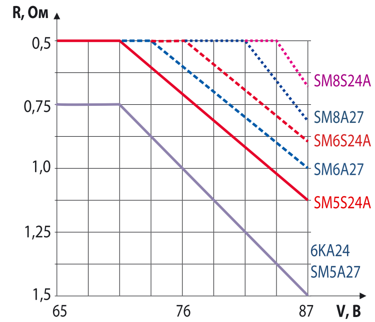


Рис. 4. **Графики зависимости допустимой амплитуды импульса (V_S) от сопротивления источника (R_i) для разных типов диодов**

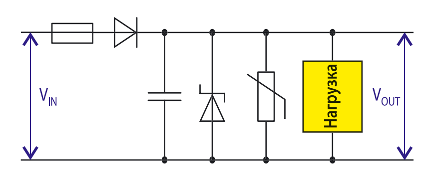


Рис. 5. **Варианты подключения пассивных компонентов для защиты от выбросов напряжения в цепи питания**

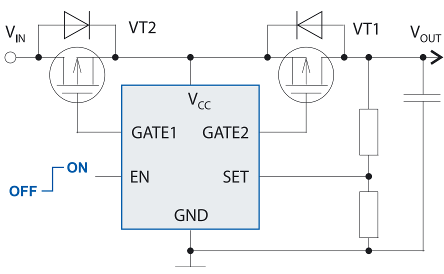


Рис. 6. **Структурная схема активного устройства защиты на базе ИС**

для защиты от выбросов напряжения имеет ряд недостатков, альтернативой может быть применение активной защиты на основе ИС, по крайней мере, для тех приложений, где можно применять низковольтное оборудование.

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ИС ЗАЩИТЫ

Принцип работы ИС, обеспечивающих ограничение выбросов напряжения по цепи питания весьма прост, а их упрощенная структурная схема показана на рисунке 6. Как правило, устройство содержит компаратор напряжения с эталонным источником и драйверы MOSFET-транзисторов (с N- или P-каналом). Это минимальный набор. В таких устройствах контролируется входное напряжение либо напряжение после ключа, реализованного на полевом транзисторе. Можно отметить три основных варианта построения структуры.

Вариант 1. При увеличении уровня входного напряжения выше заданного на аппаратном уровне порога ($V_{THRESHOLD}$), при котором происходит срабатывание компаратора, полевой транзистор (VT1) закрывается и, соответственно, обрывается цепь питания прибора (см. рис. 6). Недостаток этого решения заключается именно в обрыве цепи питания прибора, т.к. в этом случае напряжение поддерживается только благодаря конденсатору, установленному в цепи питания прибора. Если амплитуда выброса не уменьшится до заданного порога в течение времени разрядки конденсатора, работа прибора будет приостановлена или прекращена. В случае такой топологии остается надеяться только на энергию, запасенную в конденсаторе. Если контролировать напряжение после ключа VT1, появляется возможность не прерывать электропитание прибора.

Вариант 2. Устройство зашиты работает как электронный ограничитель напряжения, аналогично TVS-диоду, но только с регулируемым напряжением пробоя. После того как ключ закрывается, контролируемое на выходе ключа напряжение начинает снижаться за счет разряда конденсатора, установленного в цепи нагрузки, и, в конечном счете, оно падает ниже напряжения порога срабатывания компаратора, после чего компаратор в очередной раз открывает транзисторный ключ. Как только конденсатор зарядится достаточно большим входным током до порога срабатывания, компаратор снова закрывает ключ VT1. На интервале зарядки конденсатора напряжение меду стоком и истоком транзистора может достигать большой величины ($V_{IN} – V_{THRESHOLD}$), поэтому следует учитывать рассеиваемую на транзисторе мощность.

На рисунке 7 приведена диаграмма изменения выходного напряжения в этом варианте [1]. В такой структуре при входном напряжении, не достигающем порога срабатывания компаратора, транзистор VT1 полностью открыт, и падение напряжения на нем минимально ($I \cdot R_{DSON}$), а, следовательно, мала и рассеиваемая мощность. В процессе регулирования выделяемая в транзисторе пиковая мощность может достигать больших значений $I \cdot (V_{IN} – V_{THRESHOLD})$. Так же, как и при использовании ограничивающего напряжение входного TVS-диода, происходит выделение тепла за счет потерь мощности. Ток через TVS-диод определяется, в первую очередь, параметрами источника перенапряжения (его внутренним сопротивлением). В этой топологии небольшая часть энергии высоковольтного выброса используется для подзарядки конденсатора в цепи питания. Итак, при выбросах напряжения на входе, благодаря использованию простого метода управления всего одним транзисторным ключом, напряжение на выходе сохраняется почти постоянным и релаксирует примерно в границах 5%, что определяется величиной гистерезиса встроенного компаратора.

Вариант 3. При увеличении уровня входного напряжения выше заданного схема управления транзисторным ключом, имеющаяся в ИС, переходит в режим стабилизации напряжения с непрерывным управлением, что существенно увеличивает мощность рассеивания на проходном транзисторе в интервалах выбросов напряжения.

Во всех вариантах, как правило, предусматривается возможность использования на входе устройства дополнительного транзистора VT2 (см. рис. 6), который заменяет диод в качестве барьера от выбросов напряжения отрицательной полярности. Обычно применяют транзисторы типа P-MOSFET, поскольку они проще в управлении. Не исключено и использование для этих целей транзисторов типа N-MOSFET, в этом случае в ИС должен быть реализован соответствующий драйвер.

Средства активной защиты от перенапряжения в цепях питания, созданные на основе ИС, имеют ряд преимуществ по сравнению с пассивными компонентами. К ним относятся: большая точность напряжения порога ограничения (в отличие от TVS-диодов), стабильные во времени характеристики (в отличие от варисторов), меньшие размеры (в отличие от громоздких катушек индуктивности и конденсаторов), сниженная рассеиваемая мощность.

МИКРОСХЕМЫ MAXIM INTEGRATED PRODUCTS

Компания выпускает несколько типов ИС, предназначенных для защиты устройств от выбросов напряжения по цепи питания — это MAX6397/MAX6398, MAX6495-MAX6499, MAX16010-MAX16014. Структурные схемы всех этих микросхем во многом аналогичны, а отличают их разные функциональные возможности. ИС MAX6497/98, к примеру, имеют выход сигнала индикации POK (Power OK). Структура микросхемы MAX6496 приведена на рисунке 8. Напряжение питания 5,5…72 В. В этой ИС предусмотрена возможность управления (вывод GATE) внешним транзистором типа N-MOSFET, предназначенным для защиты от перенапряжения, кроме того, микросхема содержит цепь управления (вывод GATEP) полевым транзистором типа P-MOSFET, используемым в качестве защитного барьерного диода. Микросхема снабжена компаратором со встроенным источником эталонного напряжения 1,24 В, порог

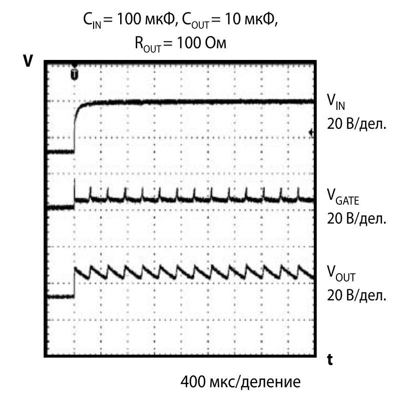


Рис. 7. **Напряжение на выходе устройства ограничения выбросов напряжения**

срабатывания компаратора регулируется с помощью внешнего резистивного делителя напряжения. Микросхемы MAX6496-MAX6499 выпускаются в корпусе 8-TDFN, ИС MAX6495 — в корпусе 6-TDFN, имеют размеры 3×3 мм и предназначены для работы в диапазоне температур –40…125°С.

В устройствах, созданных на базе ИС MAX16010–MAX16014, для защиты от выбросов напряжения в качестве проходного используется транзистор типа P-MOSFET. Выводы GATE2 и GATE1 предназначены, соответственно, для управления проходным транзистором и аналогом диода, выполненным на базе полевого транзистора типа P-MOSFET, используемого в качестве барьера при изменении полярности напряжения на входе. Напряжение питания 5,5…72 В. Структурная схема MAX16013 приведена на рисунке 9. Микросхемы MAX16010–MAX16014 выпускаются в корпусе 6-TDFN, с размерами 3×3 мм и предназначены для работы в диапазоне температур –40…125°С.

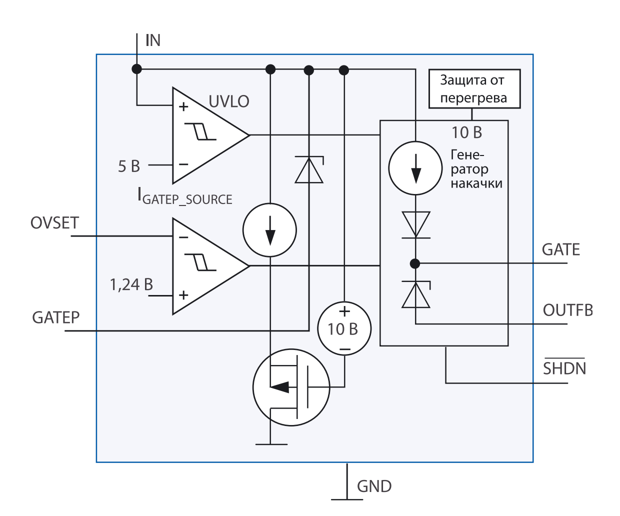


Рис. 8. **Структурная схема ИС MAX6496**

МИКРОСХЕМЫ LINEAR TECHNOLOGY

Компания предлагает несколько типов ИС, предназначенных для защиты устройств от выбросов напряжения: LT4356, LT4360/1/2, LTC4365. Эти микросхемы обеспечивают защиту оборудования от выбросов напряжения и позволяют обойтись без использования громоздких фильтров, выполненных на базе катушек индуктивности и конденсаторов. ИС LT4356 обеспечивает также защиту от короткого замыкания и перегрузок по току, кроме того в качестве защитного барьера от переполюсовки на входе в ней предусмотрено использование внешнего MOSFET-транзистора. В случае переполюсовки на входе предусмотрена встроенная защита входных цепей микросхемы до напряжения –60 В. Для измерения входного тока используется внешний низкоомный резистор. Напряжение питания — 4…80 В. Структурная схема микросхемы LT4356 приведена на рисунке 10.

Основное отличие микросхемы LT4356 от ИС семейства MAX63xx/64xx/ 1601x заключается в том, что в ней совместно с внешним проходным транзистором для поддержания заданного выходного напряжения на нагрузке используется непрерывный режим регулирования, который отличается от импульсного повышенной мощностью рассеивания в проходном транзисторе. Поскольку выбросы напряжения, как правило, имеют конечную длительность, есть надежда, что при использовании мощного транзистора он не успеет быстро «испариться».

При использовании микросхемы LT4356 следует обращать особое внимание на выбор транзистора, учитывая как пиковую, так и среднюю рассеиваемую мощность. Не полагаясь в полной мере на разработчиков, использующих эту микросхему, специалисты компании Linear Technology предусмотрели защитные меры и обеспечили возможность запирания проходного транзистора после истечения программируемого временного интервала. Его длительность задается сторожевым таймером совместно с внешним времязадающим конденсатором. Остается только правильно выбрать величину емкости этого конденсатора. Встроенный таймер предназначен для того, чтобы исключить перегрев внешнего проходного регулирующего транзистора.

Зарядка времязадающего конденсатора осуществляется в разных режимах. При перегрузке по напряжению конденсатор начинает заряжаться током 2 мкА, который затем увеличивается по линейному закону при повышении напряжения V_{DS} (ток зарядки при напряжении V_{DS} = 75 В равен 50 мкА). При перегрузке по току конденсатор начинает заряжаться током 4 мкА, увеличивающимся по линейному закону (ток зарядки при V_{DS} = 80 В равен 260 мкА). Как только напряжение на конденсаторе достигло порога 1,25 В на выводе #FLT микросхемы устанавливается уровень лог. «0», что является предупреждением о неминуемом отказе, и может быть использовано как сигнал прерывания с последующим сохранением наиболее важных данных в энергонезависимой памяти. С этого момента ток зарядки конденсатора снижается до 5 мкА, и после того как напряжение достигнет порога 1,35 В, происходит запирание проходного транзистора.

Интервал времени от момента появления сигнала лог. «0» на выводе #FLT до закрывания транзистора вычисляется по формуле: $t_1 = C \cdot 100$ мВ/5 мкА. В случае перегрузки по току ток зарядки времязадающего конденсатора после достижения порога 1,25 В не снижается до 5 мкА, а остается прежним. После того как условие перегрузки пропадает, конденсатор разряжается током 2 мкА. Проходной транзистор открывается при достижении на времязадающем конденсаторе напряжения 0,5 В. Интервал времени разрядки конденсатора, а это, по сути, время, (t_2) выделенное для охлаждения транзистора, вычисляется из выражения: $t_2 = C \cdot 0,85$ В/2 мкА. Режим динами-

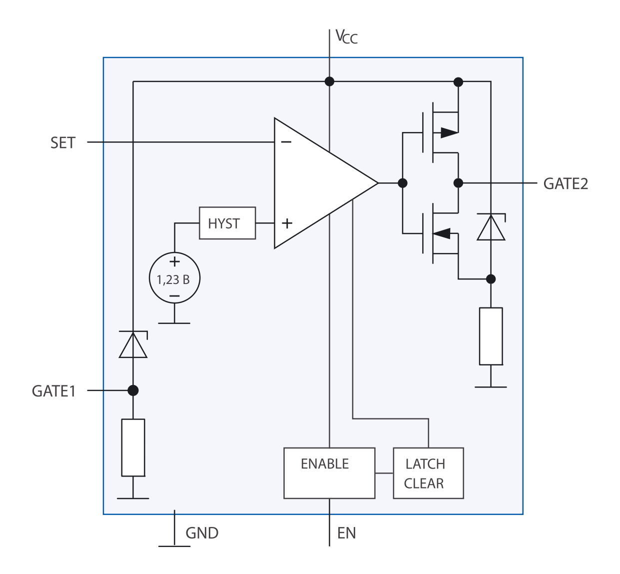


Рис. 9. **Структурная схема ИС MAX16013**

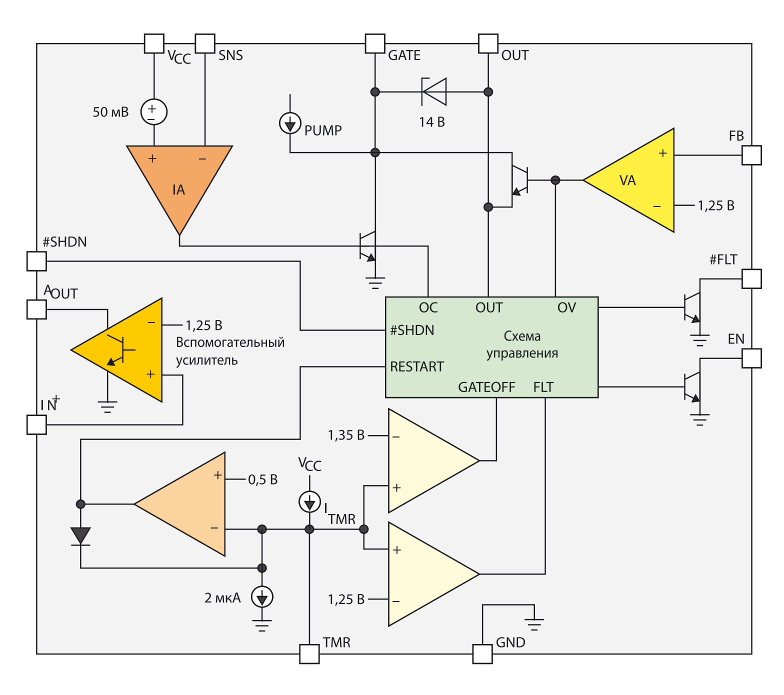


Рис. 10. **Структурная схема ИС LT4356**

ческого управления током зарядки времязадающего конденсатора позволяет обеспечить более надежную работу проходного транзистора и гарантирует восстановление работоспособности системы в автоматическом режиме, т.е. незначительная перегрузка может длиться дольше, чем, к примеру, короткое замыкание по выходу.

Ток потребления ИС LT4356 в активном режиме при напряжении питания 5…8 В равен примерно 600…650 мкА, при напряжении 80 В — не более 1,5 мА. В дежурном режиме (на выводе #SHDN — лог. «0») ток потребления ИС LT4356-1 при напряжении питания до 50 В не превышает 15 мкА, при напряжении 80 В — не более 50 мкА. Микросхема LT4356-2 имеет больший ток потребления, соответственно 60 и 110 мкА, это связано с тем, что вспомогательный усилитель (вход IN+) с выходным током до 2 мА и встроенный источник эталонного напряжения не отключаются. Используя возможности усилителя с эталонным источником напряжения и внешний p-n-p-транзистор, можно просто реализовать стабилизированный источник питания с выходным током до 100 мА, т.е. ИС LT4356-2 даже в дежурном режиме можно использовать для электропитания других блоков и приборов. На вход #SHDN можно подавать напряжение: –60…100 В.

Для измерения тока, протекающего через нагрузку, предусмотрен прецизионный усилитель. Мониторинг входного тока осуществляется по падению напряжения на внешнем резисторе. В контуре регулирования используется источник смещения напряжением 50 мВ. Простой расчет показывает, что при пороге ограничения тока через нагрузку, равном 5 А, необходимо использовать резистор сопротивлением 10 мОм.

Микросхемы LT4356-1/2/3 выпускаются в корпусе 12-DFN, размерами 4×3 мм, а также в корпусах MSOP-10 и SO-16 и предназначены для работы в диапазоне температур –40…125°C. Разработчикам, предполагающим использование микросхем Linear Technology, предлагается воспользоваться бесплатной программой эмуляции работы микросхем, в том числе LT4356. Программа LT spice IV позволяет оценить возможности микросхем в разных режимах работы, ознакомиться с их правильной работой, выбрать номинальные значения основных компонентов, и в результате — утвердиться в своих намерениях или продолжить поиски новых вариантов. Это позволяет еще на предварительном этапе разработки исключить приобретение оценочной платы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При защите оборудования от бросков напряжения в цепях питания проблема, собственно, заключается не в том, как и какими средствами ослабить последствия воздействий мощных высоковольтных помех, а в том, как это сделать самым оптимальным образом, обеспечив наилучшие массогабаритные и ценовые показатели и сохранив функциональные возможности электронных приборов и оборудования. Более полную информацию о пассивных и активных средствах защиты от выбросов напряжения в цепях электропитания можно найти в [1—7].

ЛИТЕРАТУРА

1. *72V, Overvoltage-Protection Switches/Limiter Controllers with an External MOSFET. MAX6495-MAX6499. — Maxim Integrated Products, 2009 (www.maxim-ic.com).*
2. *Ultra-Small, Overvoltage Protection/Detection Circuits. MAX16010-MAX16014. — Maxim Integrated Products, 2008 (www.maxim-ic.com).*
3. *Overvoltage Protection Switch/Limiter Controllers Operate Up to 72V. MAX6397/MAX6398. — Maxim Integrated Products, 2009 (www.maxim-ic.com).*
4. *LT4356-1/LT4356-2. Surge Stopper. — Linear Technology (www.linear.com).*
5. *Alternate Circuits for Overvoltage Protection: Tips and Tricks. APPLICATION NOTE 4081. — Maxim Integrated Products, 2007 (www.maxim-ic.com).*
6. *International Standard ISO 7637-2. Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only. Second edition 2004-06-15.*
7. *By Soo Man (Sweetman) Kim. Transient Voltage Suppressors (TVS) for Automotive Electronic Protection. — Vishay, 2010 (www.vishay.com).*

Миниатюрный DPD-ресивер, объединяющий RF-цепи, фильтр и АЦП

ТОДД НЕЛЬСОН (TODD NELSON), менеджер отдела развития, Linear Technology Corporation

В статье подробно проанализирован метод цифровых предыскажений (DPD) для усилителя мощности. Приведены расчетные соотношения и даны практические рекомендации по выбору усилителя. Большое внимание уделено алгоритму DPD, а также вопросам работы контура высокочастотной (RF) обратной связи ресивера, который является критическим элементом подобных схем.

Усилитель мощности (PA) потребляет больше энергии, чем любой другой блок базовой станции мобильной связи и, следовательно, вносит значительный вклад в эксплуатационные расходы провайдера. Для выполнения комплексной цифровой модуляции от PA требуется очень высокая линейность, поэтому усилитель должен работать в зоне ниже уровня насыщения, где у него наблюдается максимальная эффективность. Для повышения эффективности PA разработчики применяют цифровые методы, позволяющие снижать пик-фактор и улучшать линейность PA так, чтобы он работал в режиме, близком к насыщению. Метод цифровых предыскажений считается наиболее предпочтительным способом линеаризации PA.

ТРЕБОВАНИЯ К DPD-РЕСИВЕРУ

DPD-ресивер преобразует выходной RF-сигнал PA в цифровой код и является частью контура обратной связи (см. рис. 1). При проектировании DPD-схем необходимо учитывать такие параметры как входной диапазон частот, уровень мощности, промежуточная частота и цифровой динамический диапазон. Некоторые из этих характеристик определяются непосредственно из спецификаций на PA, а другие оптимизируются в ходе разработки схем.

Рис. 1. ***DPD-сигнальная цепь***

Сигнал передачи базовой станции преобразуется на несущую частоту, определяемую стандартами беспроводной передачи: WCDMA, TD-SCDMA, CDMA2000, LTE, и т.д. Поскольку DPD-контур обратной связи предназначен для определения передаточной функции PA, здесь нет необходимости отфильтровывать несущую частоту или демодулировать цифровой сигнал. Нелинейность PA приводит к появлению нечетных интермодуляционных гармоник, расширяющих спектр сигналов в соседних и зеркальных каналах. Гармоники третьего порядка увеличивают частотный диапазон выбранного канала в три раза (см. рис. 2). Аналогично этому гармоники пятого порядка расширяют спектр в пять раз, а седьмого — в семь раз. Поэтому ширина полосы передачи DPD-ресивера должна выбираться, исходя из заданного порядка гармоник, выбранного для линеаризации.

Тенденция развития заключается в смешении частоты выбранного канала с промежуточной частотой (IF) и охвате полной полосы частот, включающей все интермодуляционные гармоники. Выбор точного значения IF в соответствии с техническими требованиями позволяет упростить процедуру фильтрации и избежать уже занятых частот. Аналогично этому частота дискретизации выбирается кратной частоте цифровой модуляции чипа, например, в стандарте WCDMA она равна 3,84 МГц. И, наконец, из теоремы Найквиста следует, что частота дискретизации должна быть как минимум в два раза выше верхней границы полосы частот исходного сигнала. Исходя из вышеприведенных условий, одной из приемлемых конфигураций при работе в полосе частот 122,88 МГц может быть следующая: IF равна 184,32 МГц, частота дискретизации АЦП — 245,76 МГц.

В случае 20-Вт PA, средняя выходная мощность составляет 43 дБм (дБм — децибелы, отсчитываемые относитель-

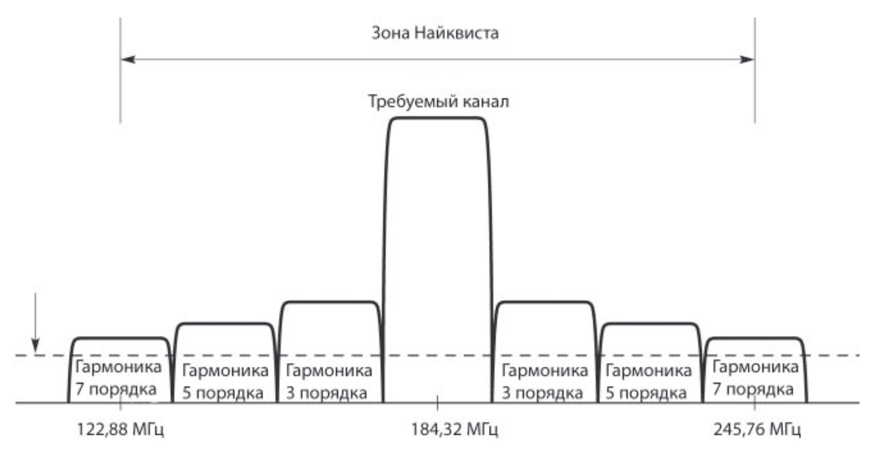


Рис. 2. ***Интермодуляционные гармоники***

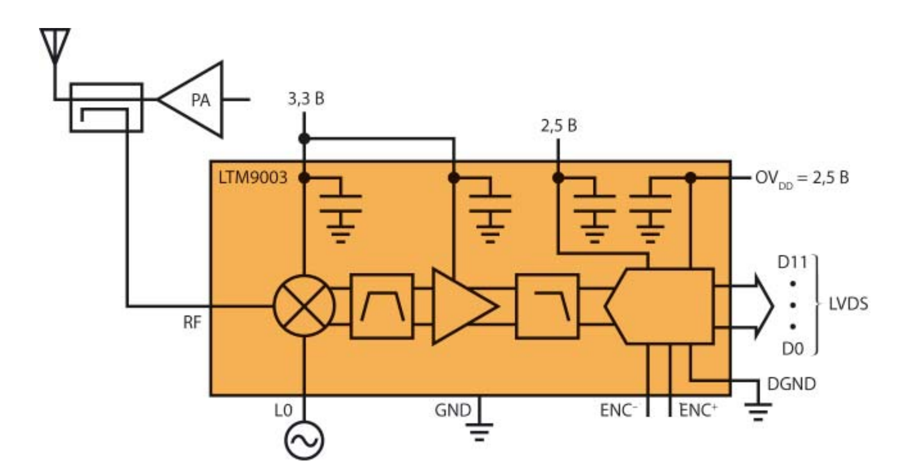


Рис. 3. ***Интегрированный DPD-ресивер LTM9003***

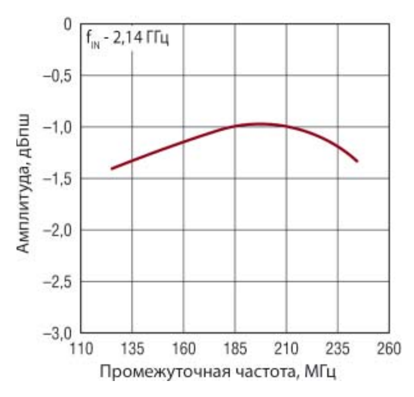


Рис. 4. ***АЧХ усилителя промежуточной частоты***

но уровня 1 мВт). Отношение пикового значения мощности к среднему значению (PAR) равно приблизительно 15 дБм. Для получения средней входной мощности смесителя на уровне –15 дБм, вносимые потери комбинации из разветвителя и аттенюатора должны быть порядка 58 дБ (в соответствии с рисунком 1). Максимальный внутриполосный шум PA, определенный стандартом WCDMA, не должен превышать –13 дБм/МГц (–73 дБм/Гц). Из величины потерь на разветвителе и аттенюаторе (–58 дБ) и предельного значения шумов PA (–13 дБм/МГц) следует, что чувствительность ресивера должна быть ниже уровня –71 дБм/МГц (–131 дБм/Гц). Для получения достаточного запаса желательно, чтобы это значение было на 6—10 дБ ниже. Отсюда вытекают все требования по частоте, уровню мощности и чувствительности DPD-ресивера.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ DPD-РЕСИВЕР

Поскольку требования к системе уже определены, остается только найти схемотехническое решение, подобрав преобразователь частоты, IF-усилитель, АЦП, пассивный фильтр, сопутствующие цепи и цепи развязки по питанию. Конечно, расчеты и моделирование очень полезны, но не существует реальных способов оценки технических решений, кроме как перебор и проверка многочисленных вариантов, что связано, как правило, с изготовлением печатных плат. Однако новый класс интегрированных ресиверов, реализованный по технологии сборки Linear Technology's µModule®, значительно упрощает эту задачу. Ресивер цифровых предыскажений, реализованный по технологии µModule, LTM®9003, является полностью интегрированным DPD-ресивером, объединяющим в одном корпусе функции RF- и цифрового преобразования.

Ресивер LTM9003 состоит из активного смесителя, характеризующегося высокой линейностью, IF-усилителя, LC-полосового фильтра и быстродействующего АЦП (см. рис. 3). Бескорпусная сборка делает его очень компактным и позволяет располагать задающие и блокирующие конденсаторы рядом с кристаллом, чего не допускал корпусной монтаж. Это снижает потенциальные шумы, способные ухудшить точность АЦП. Эта идея лежит в основе методов реализации высокочастотных плат, использующих ресиверы LTM9003.

Интеграция устраняет многие проблемы управления быстродействующими АЦП. Анализ линейных цепей не может объяснить причину пульсаций тока, возникающих в импульсном режиме выборки и хранения данных при работе АЦП. Традиционный метод размещения схем требует проведения множественных итераций для подбора входных цепей, позволяющих погасить эти импульсы, и обеспечивает согласованную работу этих цепей со стоящим перед ними усилителем. IF-усилитель должен также управлять этими цепями, не внося дополнительных искажений. Решение этих проблем, возможно, является основным неявным достоинством ресивера µModule LTM9003.

Пассивный полосовой фильтр является фильтром третьего порядка с очень гладким плато в полосе пропускания. В центре 25-МГц полосы наблюдаются пульсации, не превышающие 0,1 дБ, а во всем частотном диапазоне (125 МГц) пульсации составляют лишь 0,5 дБ. Применение фильтров третьего порядка обеспечивает монотонный вид АЧХ без изломов (см. рис. 4), что важно для многих DPD-алгоритмов.

Технические характеристики DPD значительно превышают требования, предъявляемые к системе, описанной выше. При рассмотрении лишь одной гармоники сигнала мощностью –2,5 дБм, что эквивалентно –1 дБпш (децибел полной шкалы) на АЦП, отношение сигнал/шум (SNR) обычно составляет –145 дБм/Гц. Это значение намного ниже заданной величины –131 дБм/Гц, определенной стандартом WCDMA. Самому худшему случаю сигнала с большим количеством гармоник соответствует значение 60 дБн. Значение IIP3, равное 25,7 дБм, означает, что LTM9003 может поддерживать ослабление мощности по соседнему каналу (ACPR), равное 87 дБн, если PA достаточно линеен. С точки зрения требований к системе и возможности использования самых лучших PA, характеристики LTM9003 намного превышают заявленные требования. Вся цепь потребляет около 1,5 Вт от источников питания 3,3 и 2,5 В, занимая при этом площадь на печатной плате 11,25×15 мм^2.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ

Технология построения µModule обеспечивает разработчику хорошую маневренность. Изменяя значения пассивных компонентов или заменяя ИС, которые оптимизируются в составе групп, LTM9003 может быть использована в различных специализированных системах без потери

Собирание электроэнергии уже сейчас

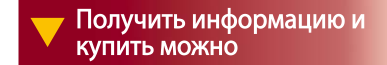
Бесплатная электроэнергия от энергии Температуры, Движения и Солнца

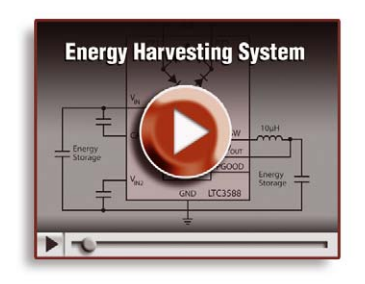
Наше новое решение на аналоговых микросхемах позволяет получать электроэнергию из практически любых и бесплатных источников энергии. При соответствующем расположении датчиков на источниках энергии, которые могут давать хоть какой-то электрический ток, стало возможным получить электроэнергию, которую теперь можно реально использовать для питания устройств. Подобным микросхемам, с минимальным количеством внешних элементов, необходим ток порядка наноампер для преобразования энергии.

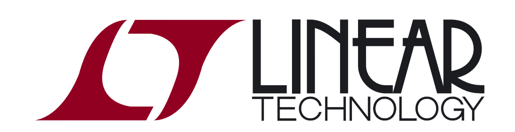
Семейство микросхем для сбора энергии

Номер изделия	Особенности	Источник энергии
LTC®3105	Повышающий преобразователь на 400мА с управлением MPP и пуском от 250мВ	
LTC3108	Повышающий преобразователь и система управления со сверхнизким входным напряжением	
LTC3109	Версия LTC3108 с автоматическим выбором полярности	
LTC3588	Получение энергии от пьезоэлектрического элемента	
LT®3652/HV	Зарядка аккумулятора с током до 2А от солнечной батареи	
LTC4070	Шунтирующий зарядник Li-ion батареи от наноамперного источника тока	

Получить информацию и купить можно







Linear Technology AB (Finland) +358-46-712 21 71
Linear Technology AB (Sweden) +46-8-623 16 00
nordicsales@linear.com

Официальные Дистрибьюторы
Гамма +7-813-783 15 09
Петербургская Электронная Компания +7-812-448 87 77
YE-Интернейшнл +7-812-324 40 08
Arrow Electronics Russia +7-495-626 55 97

эксплуатационных качеств или увеличения сложности. Например, LTM9003-AA использует маломощный кремниевогерманиевый активный смеситель, работающий от источника питания на 3,3 В. Частотная составляющая, имеющая частоту 2×RF — 2×LO, представляет собой вторую гармонику с амплитудой 60 дБн, и является наихудшим компонентом спектра. Эту ситуацию можно исправить за счет некоторого увеличения потребления электроэнергии, заменив смеситель на аналогичный блок, подключенный к источнику на 5 В. В LTM9003-AB удалось улучшить ситуацию с гармоникой второго порядка на 4 дБ. Так же можно снизить частоту дискретизации, заменив АЦП на АЦП с 210 Мвыб/с, потребляющий меньше электроэнергии. Изменяя значения LC-фильтра, можно реализовывать фильтры с разной полосой пропускания, улучшая при этом гладкость плато.

БОЛЬШИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА МАЛОГО КОРПУСА

Преимущества применения LTM9003 для линеаризации характеристик PA можно наблюдать на нескольких уровнях. На самом верхнем уровне DPD-метод предоставляет возможность управлять PA с наименьшими потерями мощности. В результате этого PA становится более эффективным и начинает потреблять меньше электроэнергии при том же самом уровне выходной мощности.

Корпус типа μModule позволяет объединить на малой площади все ключевые компоненты, включая пассивный фильтр и развязывающие компоненты. Это значительно сокращает занимаемое пространство на плате, упрощает ее разводку и улучшает характеристики. Интеграция также позволяет создавать системы с высокоэффективным дистанционным управлением (RRH).

На инженерном уровне LTM9003 позволяет сократить время проектирования. Для корректной разработки фильтров и правильного подбора компонентов требуется подгонка печатных плат. Особенно проблематично спроектировать фильтр, на который не оказывал бы влияния импульсный характер работы схемы выборки и хранения АЦП. Даже внесение конденсаторов для развязки от источника питания может изменить технические характеристики системы и привести к необходимости изменения разводки платы. Для выполнения таких задач могут потребоваться месяцы работы инженеров для отладки каждого обновления и оценки роли сделанных изменений. При применении LTM9003 эта работа уже проделана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В то время как цифровые DPD-алгоритмы завоевывают все больше внимания, потребность в разработке аналоговых ресиверов также не пропадает. Ресивер μModule LTM9003 упрощает процесс проектирования, позволяя разместить в одном крошечном корпусе всю схему.

СОБЫТИЯ РЫНКА

| СЕМЬ ВЫВОДОВ ПРЕЗИДЕНТА MICROCHIP | Президент Microchip Стив Санги дал интервью журналу EETimes. Кратко интервью сводится к следующим положениям.

1. Из-за трагических событий в Японии появилась некоторая неопределенность с поставками микроконтроллеров (МК). Ситуация со спросом и предложением в I кв. была ровная, а во II кв. ощущалось небольшое негативное влияние. Остается беспокойство в отношении будущих поставок, поскольку запасы и МК истощаются. Санги отметил, что «сентябрьский квартал может быть хуже».

2. Рынок контроллеров для сенсорных дисплеев. Конкуренты Microchip, а именно Atmel и Cypress, отмечают значительный рост в сфере сенсорных технологий для телефонов и планшетов. Несколько лет назад Microchip сделала приобретение в этой области, хотя многие говорят, что компания упустила рынок сенсорных технологий для телефонов. Но, как и прежде, компания ориентируется на промышленные предприятия, — заявляет Санги. «Здесь есть много возможностей для хорошего роста, — добавил он — мы даем возможность другим заниматься низкорентабельным рынком (телефонов)».

3. Микроконтроллеры становятся универсальными. Texas Instruments недавно представила новый МК со сверхнизким потреблением и со встроенной памятью FRAM. Относительно этого Санги заявил, что он не видит спроса на такое устройство, а если он и появится, то будет незначительным.

4. ARM против MIPS. Не так давно Microchip нарушила традиции и лицензировала 32-разрядную технологию от MIPS Technology Inc. Компания не планирует получать лицензию на ARM. По словам Санги, слишком много компаний используют эти технологии, поэтому один продукт мало чем отличается от другого. «Наши продукты лучше, чем у ARM, — сказал он. — Мы их превосходим, у нас больше приоритетных клиентов».

5. Слияния и приобретения. Microchip сделала многочисленные приобретения. После того как TI купила National Semiconductor за 6,5 млрд долл., акции многих компаний просто взлетели, создав рынок предложения в мире M&A. Соглашение TI–National «навредило отрасли M&A, — сказал Санги. — Я думаю, что TI просто убила» рынок M&A.

6. Американская экономика. «Я с оптимизмом смотрю на отрасль, но меня беспокоит США — долг все растет и растет. Нам нужно действовать сообща», — сказал Санги.

7. Фабрики в Индии. Несколько лет назад Индия попыталась строить фабрики полупроводников. Раздавалось много громких заявлений. «Это был полный провал, — отметил Санги. — Недавно Индия снова объявила о планах построить два завода за 5 млрд долл. Как и прежде, Индия оказывается перед проблемой развития экосистемы для строительства фабрик. Индия сильна в программном обеспечении».

www.elcomdesign.ru

Модульные блоки питания

ИГОРЬ ТВЕРДОВ, научный консультант, ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания» («АЭИЭП»)
ИЛЬЯ ПЛОТКИН, директор по развитию, «АЭИЭП»
СЕРГЕЙ ЗАТУЛОВ, менеджер направления, «АЭИЭП»
ДМИТРИЙ ШАШОЛКА, директор по маркетингу, «АЭИЭП»
АЛЕКСЕЙ МОРОЗОВ, 16 ЦНИИИ

В статье рассмотрены основные технические и эксплуатационные характеристики блоков питания (БП), производимых компанией «АЭИЭП». При их разработке особое внимание уделялось вопросам электромагнитной совместимости, коррекции коэффициента мощности, эффективности отвода тепла.

Предприятия России и ближнего зарубежья все шире применяют в своих разработках стандартные модули питания, производимые ООО «АЭИЭП». «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания» выпускает несколько тысяч модулей в год в интересах более 600 предприятий. В последнее время возросло число запросов, когда требуется не модуль, а законченный блок питания. Для этих целей разработан целый ряд БП класса AC/DC в диапазоне мощностей 50…6000 Вт (см. рис. 1, 2). В серийной электронной аппаратуре (ЭА) используются, в основном, БП, которые созданы самими производителями. Такие БП характеризуются параметрами, оптимальными для электронного средства как системы.

При комплексировании на основе стандартных модулей БП, как правило, получаются больше по массе, объему, стоимости. До 1991 г. на крупных предприятиях-изготовителях ЭА в СССР имелись специальные подразделения, занятые разработкой БП для собственных нужд. Обычно они разрабатывались под конкретную аппаратуру, проектировались на их базовых конструкциях и выпускались отраслевыми заводами. Можно сказать, что до недавнего времени практически все БП были разработаны на этих принципах. Но после того как на крупных предприятиях, выпускающих ЭА, произошло резкое сокращение подразделений и высококвалифицированных специалистов, занятых разработкой БП, они оказались вынуждены использовать в новых разработках серийные модули питания отечественных и зарубежных предприятий.

В БП «АЭИЭП» применены серийные модули К-А и МАА [2] класса AC/DC. В них используется принцип высокочастотного преобразования электрической энергии с одновременной стабилизацией выходного напряжения на основе ШИМ. Подавление высокочастотных помех на входе и на выходе осуществляется встроенными фильтрами. Высокие надежность и КПД, малые габариты и масса модулей определяют эффективность БП на их основе.

БП представляют собой конструктивно законченное изделие со встроенной вентиляторной или конвекционной системой охлаждения. БП имеет металлический корпус и резьбовые опоры для автономного крепления или крепления в составе аппаратуры. Входное напряжение подается на защищенный входной разъем, выходные напряжения выведены на винтовую клеммную колодку, имеется комплекс защит: от короткого замыкания (КЗ), перенапряжения и перегрева. Индикация обеспечивает удобство эксплуатации.

Основные параметры выпускаемых БП представлены в таблице 1. При мощности 20…60 Вт модули базируются на однотактном прямоходовом преобразователе, работающем на частоте 100 кГц (см. рис. 3), при мощности 100…1200 Вт — на полумостовом преобразователе с частотой 50 кГц (см. рис. 4).



Рис. 1. ***Блок питания VN 50 A мощностью 50 Вт***



Рис. 2. ***Блок питания DB 1200 A мощностью 1200 Вт***

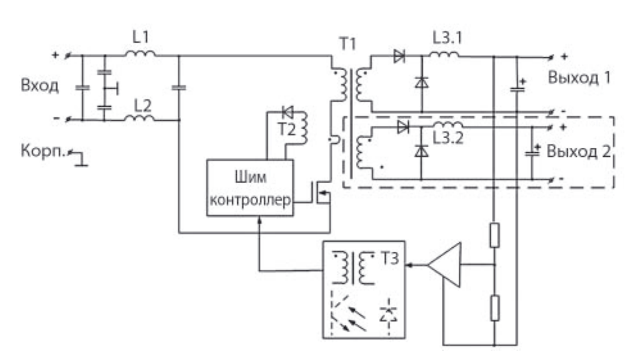


Рис. 3. ***Структурная схема модулей серии К-А, МАА мощностью 20…60 Вт***

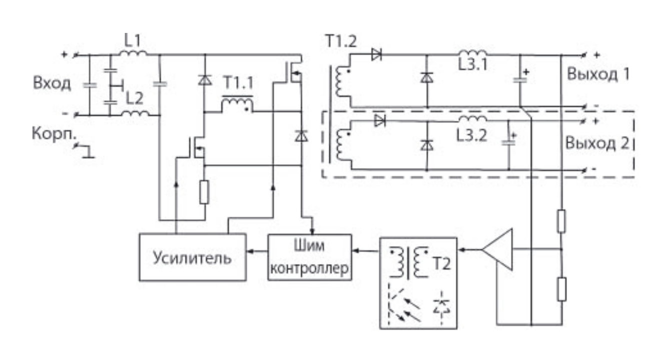


Рис. 4. ***Структурная схема модулей К-А мощностью 100…1200 Вт***



а) б)

Рис. 5. ***Фото БП мощностью 400 Вт с конвекционным (а) и смешанным (б) охлаждением***

Таблица 1. ***Основные параметры БП***

Наименование	Мощность, Вт	$U_{вх}$, В	$U_{вых}$, В*	$I_{вых.макс.}$, А	Кол-во выходных каналов	Габариты, мм	Масса, кг
VN50A	50	115, 220	5, 12, 24	8	1, 2	60×27×188	0,7
VR100A	100			20		95×43×193	1
VS300A*	300		12, 24, 48, 60	25		240×106×190	3
VB400A*	400			33		280×133×200	4
DN400A	400				1, 2, 3	116×74×245	2,5
DG800A	800	115, 220, 380		40	1, 2	152×80×305	3
VZ1200A*	1200		12, 24, 48			383×130×365	10
DB1200A	1200					342×153×90	5
BR2000A*	2000			80		382×230×210	12
БА2	1500		24, 48, 60	125	1	540×485×185	30
БА6	6000			250	1	715×489×235	75

** По заказу могут поставляться блоки с нестандартными выходными напряжениями 5...60 В с выходным током не более $I_{вых.макс.}$*

Мощность производимых БП варьируется в диапазоне: 50…6000 Вт. БП мощностью 50…400 Вт снабжены радиаторами для охлаждения. При мощности 400 Вт и более БП содержат как радиаторы, так и вентиляторы. Использование смешанного вида охлаждения позволяет уменьшить габариты БП более чем в три раза. Например, объем блока VB400 с радиатором превышает объем блока DN400 (со смешанным видом охлаждения) в 3,9 раза (см. рис. 5).

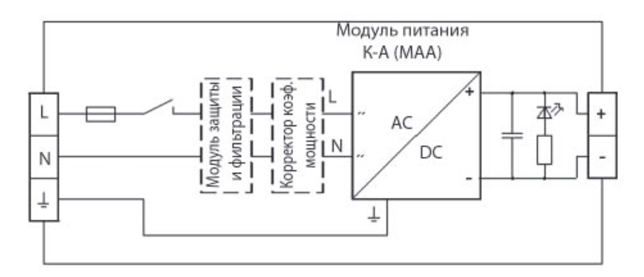


Рис. 6. ***Структурная схема блока питания***

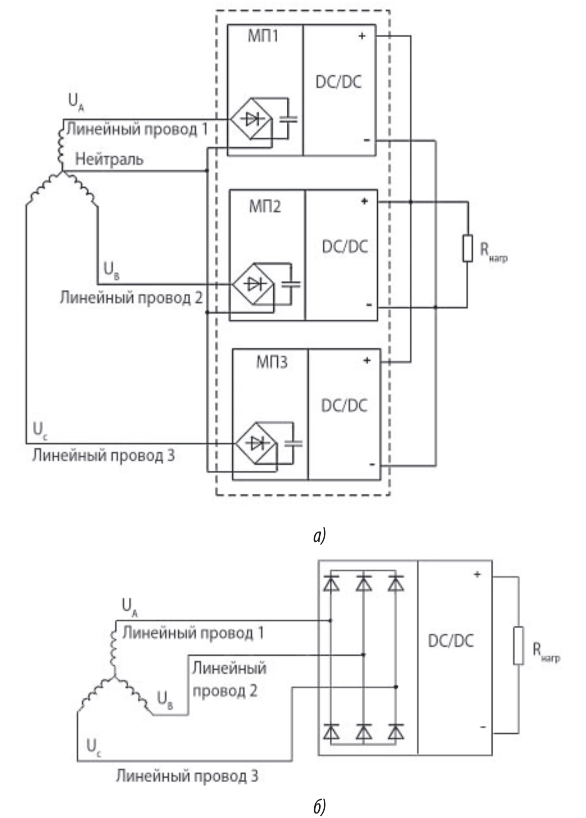


Рис. 7. ***Подключение модулей к трехфазной сети***

Все блоки снабжены функцией дистанционного включения-выключения, имеют гальваническую развязку 1500 В между входом, выходом и между выходными каналами, полный комплекс защит — от перегрузки, КЗ, перегрева, превышения выходного напряжения (все защиты самовосстанавливающиеся). Такие дополнительные функции как выносная обратная связь, регулировка выходного напряжения и параллельная работа имеют БП мощностью 800 Вт и более. В БП VB400, DG800, VZ1200, BR2000 по требованию заказчика могут быть встроены модули защиты от перенапряжения и фильтрации радиопомех и корректор коэффициента мощности (на рисунке 6 показаны пунктиром). Как видно из структурной схемы БП, к основному элементу (модулю питания) добавлены необходимые аксессуары: разъемы, предохранитель, выключатель, индикаторы. В комплектацию входит также сетевой шнур.

Технические характеристики БП мощностью 50…2000 Вт приведены в таблице 2. Для производства БП специального назначения с приемкой «5» открыта и ведется ОКР «Разработка ряда блоков электропитания мощностью до 20 кВт с шифром «Прорыв».

Блоки питания БА2 состоят из трех модулей МАА900, БА6 — из восьми. Модули МАА выпускаются для жестких условий эксплуатации, защищены полимерным компаундом, и используемая в них элементная база предназначена для работы в расширенном диапазоне температур.

Кроме модулей МАА в состав БП входят устройства защиты и коммутации, автоматика управления. Индикаторы на передней панели обеспечивают возможность контроля и определения неисправности. БП питаются от трехфазного генератора с напряжением 380 В с нейтралью и включены в состав автономных электростанций, монтируемых на колесных и гусеничных шасси. Технические характеристики БА2 и БА6 приведены в таблице 3.

До 2010 г. выпускались только однофазные модули питания (МП) и для подключения к трехфазной сети приходилось использовать нейтральный провод (см. рис. 7а). При нагрузках с низким коэффициентом мощности высшие гармоники тока складываются, нейтральный провод перегружается. Вместе с тем приходилось решать задачи симметрирования однофазных нагрузок, искажения формы кривой напряжения питающей сети и т.д.[2]. Все эти проблемы решаются, если модуль имеет трехфазный вход (см. рис. 7б), и входной трехфазный мост напрямую подключается к линейным проводам сети.

В «АЭИЭП» разработаны две серии трехфазных модулей мощностью 900 и 1500 Вт, серии МАА для специальных применений и серии К-А для промышленных (см. рис. 8, 9). МП рассчитаны на трехфазные сети 380 В, 50 Гц и 220 В, 400 Гц с качеством электроэнергии в соответствии с группой Г по ГОСТ В 24425.

Модули выпускаются с выходным напряжением 24…70 В, суммарная нестабильность которого ± 3%,

амплитуда пульсаций 1%, КПД модуля 92%. Остальные характеристики такие же, как и у БП на основе однофазных модулей (см. табл. 2).

МП базируются на полумостовом преобразователе, работающем на частоте 50 кГц с ШИМ-стабилизирующей выходного напряжения (см. рис. 10), имеют полный комплекс защит — от перегрузки, КЗ, перегрева, превышения выходного напряжения (все виды защит самовосстанавливающиеся). Модули снабжены функцией дистанционного включения-выключения, имеют возможность параллельного соединения, компенсации выходного напряжения в зависимости от нагрузки (выносную ОС), регулировки выходного напряжения, а также дополнительный выход питания вентилятора охлаждения.

ОТВОД ТЕПЛА

Важность обеспечения оптимального теплового режима видна из графика зависимости минимальной наработки основного элемента БП — модуля — от температуры корпуса (см. рис. 11). Минимальная наработка на отказ модулей К-А и МАА при температуре корпуса 70°С составляет соответственно 50 и 100 тыс. ч. Оценить надежность модуля питания для других температур можно по следующему критерию: интенсивность отказов снижается примерно в 2 раза при понижении температуры на 15°С.

В БП используются радиаторы собственного изготовления, для которых экспериментальным путем определены полные коэффициенты теплоотдачи α_0 и рассчитаны значения теплового сопротивления $\Theta=1/\alpha_0 S$ [5]. На основании известных значений Θ, η, где η — КПД, определяется перегрев Δt модуля при номинальной мощности $P_{ном}$ [3]:

$$\Delta t=\Theta P_{ном}(1/\eta-1).$$



Таблица 2. ***Технические характеристики БП***

Входные характеристики		
Диапазон входного напряжения	~ 115 В, 400 Гц	~ 220 В, 50 и 400 Гц
– установившееся отклонение	~ 80 ч, 138 В	~ 187 ч, 264 В
– переходное отклонение	~ 80 ч, 150 В	~ 176 ч, 280 В
– длительность переходного отклонения	1 с	1 с
Выходные характеристики		
Регулировка выходного напряжения	± 10%	
Подстройка выходного напряжения	± 5%	
Суммарная нестабильность выходного напряжения		
– для одноканального исполнения ($I_{ном}$ 10% – 100%)	± 4%	
– для многоканального исполнения ($I_{ном}$ 30% – 100%)	± 4% для выхода 1 ±13% для выхода 2	
Размах пульсаций (пик-пик)	< 2% $U_{вых.ном.}$	
Уровень срабатывания защиты от перегрузки	> 110% $I_{вых.ном.}$	
Защита от короткого замыкания	> 150% $I_{вых.ном.}$, автоматическое восстановление	
Уровень срабатывания защиты от перенапряжения	> 115% $U_{вых.ном.}$	
Уровень срабатывания тепловой защиты	> 60—70°С	
Общие характеристики		
Температура	– окружающей среды	–10…50°С
	– хранения	–60…85°С
КПД		80% тип.
Частота преобразования		50 кГц тип.
Прочность изоляции	– напряжение вх/вых: – вх/корпус: – вых/корпус:	~ 1 500 В ~ 1 500 В ~ 500 В
	– сопротивление при 500 В пост.тока	20 МОм
Стойкость к внешним воздействующим факторам		
– повышенная влажность		95% при 25°С
– синусоидальная вибрация (прочность)		20…25 Гц 2 g
Наработка на отказ		>1 200 тыс. ч при 25°С

Примечание: все характеристики приведены для НКУ, $U_{вх.ном}$, $I_{вых.ном}$, если не указано иначе.


Рис. 8. **Модуль МАА1500**


Рис. 9. **Модуль К-А1500**

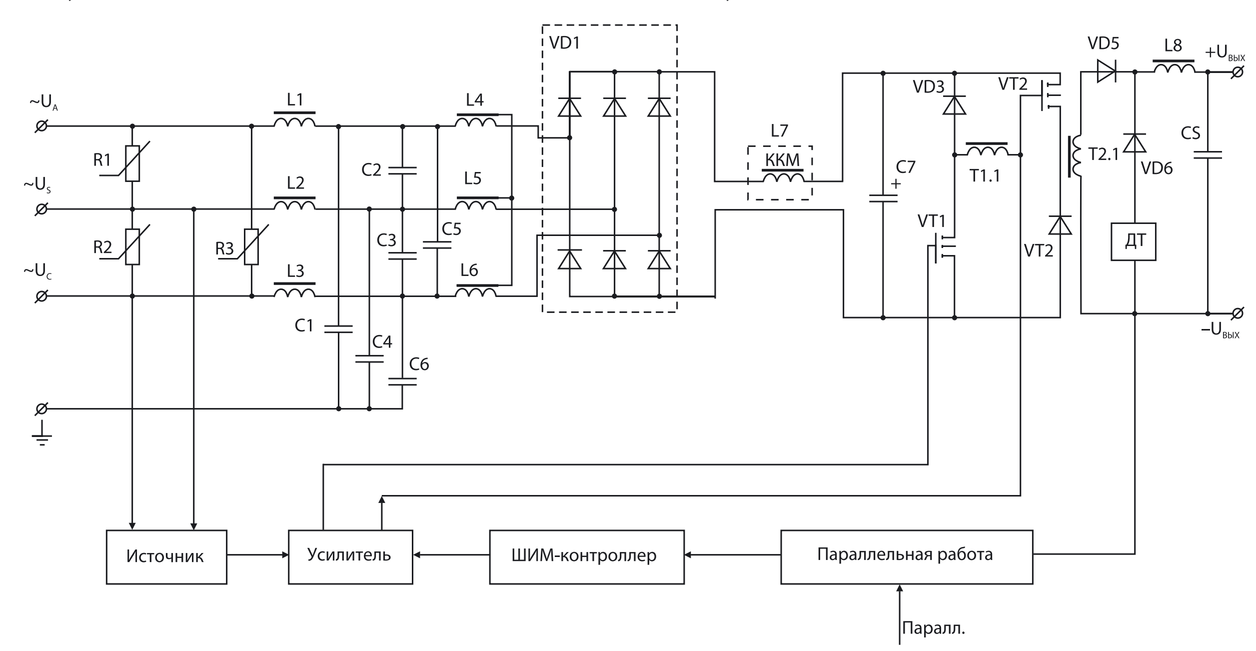


Рис. 10. **Структурная схема модуля**

Таблица 3. **Технические характеристики БА2, БА6**

Входные характеристики		
Входная сеть		трехфазная сеть ~ 380 В, 50 Гц, однофазная сеть ~ 220 В, 50 Гц
Выходные характеристики		
Суммарная нестабильность выходного напряжения ($I_{ном}$ 10—100%) ±4%		
Размах пульсаций (пик-пик)		<8% $U_{вых.ном.}$
Уровень срабатывания защиты от перегрузки		>1,2% $I_{вых.ном.}$
Защита от короткого замыкания		>1,3…1,8 $I_{вых.ном}$, автоматическое восстановление
Уровень срабатывания защиты от перенапряжения		>1,2 $U_{вых.ном.}$
Уровень срабатывания тепловой защиты		>70°С
Общие характеристики		
Температура	– окружающей среды	–50…60°С
	– хранения	–60…70°С
КПД		90% тип.
Частота преобразования		50 кГц тип.
Прочность изоляции	– напряжение вх/вых: вх/корпус: вых/корпус:	~ 1 500 В ~ 1 500 В ~ 500 В
	– сопротивление при 500 В пост.тока	20 МОм
Стойкость к внешним воздействующим факторам		группа 1.3 ГОСТ РВ 20.39.304-98
	- повышенная влажность	98% при 35°С
	- многократные механические удары	15g, 2…15мс
	- синусоидальная вибрация	1…150 Гц 5g
Наработка на отказ		> 100 тыс. ч при 35°С
Материал корпуса		металл

Примечание: Все характеристики приведены для НКУ, $U_{вх.ном}$, $I_{вых.ном}$, если не указано иначе

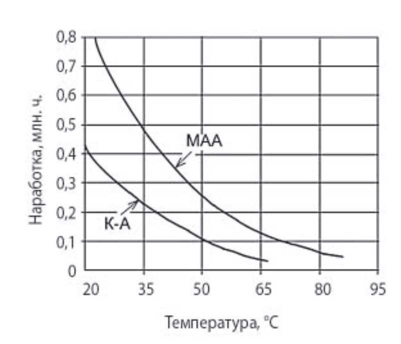


Рис. 11. **График зависимости наработки на отказ от температуры**

Как уже отмечалось, для БП мощностью 400 Вт и более применено вентиляторное охлаждение, что позволило примерно в три раза снизить значение Θ и использовать радиаторы меньшей площади. В качестве примера на рисунке 12 показано, как снижается тепловое сопротивление модуля KL400 со стандартным радиатором в зависимости от скорости охлаждающего воздуха [3].

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (ЭМС)

В БП применены серийные модули, ЭМС которых с питающей сетью и ЭА обеспечивается экранированием и фильтрацией радиопомех [1]. Для компаний, выпускающих универсальные МП, экономически невыгодно встраивать фильтры радиопомех (ФРП) с большим коэффициентом ослабления, т.к. требования потребителей к уровню помех различны. В качестве примера на рисунке 13 приведены графики напряжения радиопомех на входе модулей питания класса AC/DC серии KN50A (кривая 4) и серии KV100A (кривая 5). Там же показаны нормированные значения

напряжений радиопомех по ГОСТ В 25803-91 в диапазоне частот 150 кГц…30 МГц (кривые 1, 2, 3).

Анализ графических зависимостей (см. рис.13) показывает, что уровни радиопомех на некоторых частотах превышают нормы, хотя модули имеют на входе и выходе встроенные фильтры [1]. В случае, когда для нормальной работы ЭА недостаточно подавления радиопомех за счет встроенных фильтров, в БП используются внешние ФРП.

В конце 90-х гг. «АЭИЭП» совместно с 16 ЦНИИИ разработали фильтры для подавления радиопомех в модульном исполнении для питающих цепей переменного и постоянного тока. В настоящее время проведена модернизация фильтров, для чего были использованы новые технические решения, материалы и элементная база, что позволило повысить коэффициент подавления помех и уменьшить габариты.

Унифицированный ряд фильтров представлен модулями на токи 1…20 А. Одновременно с фильтрами в модулях размещены варисторы для защиты ЭА от выбросов напряжения в сетевых проводах. Совместные испытания системы «модуль фильтрации–модуль питания» показали, что помехи на входе не превышают значений, определяемых графиком 2 на рисунке 13.

Выполненная модернизация позволила использовать в БП модуль KD1200A мощностью 1200 Вт без дополнительного фильтра. В KD1200A встроен высокоэффективный ФРП, разработанный для модуля защиты и фильтрации MPP3-C7,5AMУ. В ФРП использованы новые материалы и элементная база, что позволило повысить коэффициент подавления радиопомех и уменьшить габариты.

ФРП состоит из двух Г-образных LC-звеньев, в которых одно звено подавляет помехи по симметричному пути, другое — по несимметричному. Фильтр по такой схеме более 20 лет используется в технике специальной связи для подавления помех в сетях переменного тока, и при заданном коэффициенте подавления радиопомех обеспечивает минимальные токи утечки на корпусе. Измененный уровень подавления помех на входе модуля питания с ФРП показан на рисунке 14 (кривая 2). Помехи на выходе модуля питания не превышают значений, определяемых графиком 2 Норм (см. рис. 14, кривая 1).

Модули МАА1500 и К-А1500 используются в БП, работающих от трехфазной сети 380 В 50 Гц, 220 В 400 Гц. Модуль KD1200A является основообразующим в БП VZ1200A, DB1200A, BR2000A.

КОРРЕКЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

В большинстве случаев модули питания выпускаются без корректоров коэффициента мощности и потребляют от сети импульсный ток, при котором резко возрастает мощность искажений. Коэффициент мощности импульсных МП не превышает значений 0,5—0,7. При этом от сети потребляется и дополнительная мощность, которая соизмерима с активной. Это вызывает искажение формы питающего напряжения, нагрев и дополнительные потери в трансформаторах и электрических машинах и приводит к необходимости увеличения мощности силового ввода или генераторов. По перечисленным причинам стандарт Р 51317-99 требует обязательную коррекцию коэффициента мощности, для МП мощностью свыше 600 Вт. Чтобы обеспечить синусоидальную форму потребляемого тока, на входе модуля устанавливают активные и пассивные корректоры коэффициента мощности. В БП, которые построены на серийных модулях, активная коррекция невозможна, т.к. активный корректор закладывается в МП при проектировании.

Полученные в «АЭИЭП» результаты исследований разработки и внедрения модульных БП могут быть использованы при создании подвижных и стационарных объектов.

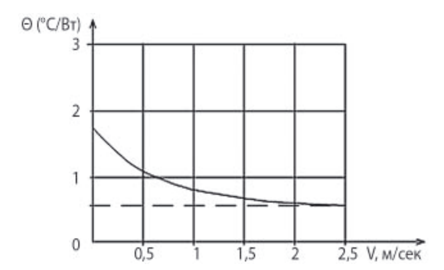


Рис. 12. ***Тепловые импедансы модуля***

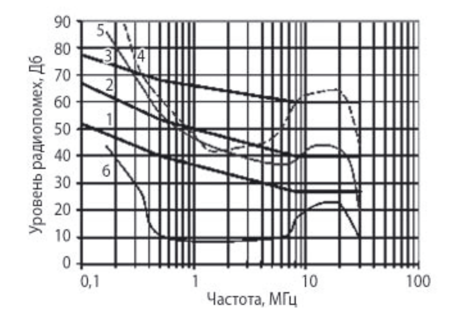


Рис. 13. ***Графики напряжения радиопомех на входе модулей питания класса AC/DC серии KN50A*** *(кривая 4)* ***и серии KV100A (кривая 5). 1 — кривая 1*** *(норм)****; 2 — кривая 2*** *(норм)****; 3 — кривая 3 (норм); 4 — AC/DC-модуль питания KN50A мощностью 50 Вт; 5 — AC/DC модуль питания KV100A мощностью 100 Вт; 6 — AC/DC модуль питания KV100A с фильтром MPP2***

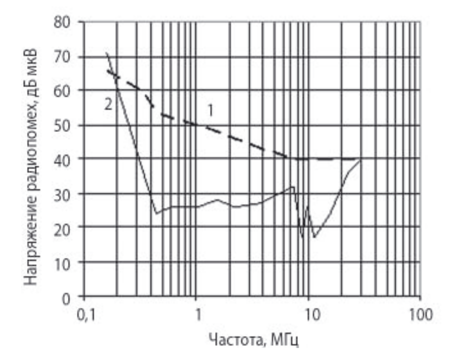


Рис. 14. ***График напряжения радиопомех***

Такие БП наиболее перспективны для систем, требующих быстрого создания или модернизации. Например, система электропитания многоканальной радиорелейной станции на основе модульных БП была разработана и установлена всего за три месяца. Большое количество подобных оперативных задач приходится решать при создании военной техники и вооружения, поэтому, начиная с 2011 г. поставка модульных БП «АЭИЭП» ведется с приемкой «5».

ЛИТЕРАТУРА:

1. И. Твердов, А. Мартиросов, С. Затулов. Модернизация сетевых фильтров на предприятии АЭИЭП//Электронные компоненты, №8, 2005.

2. Производство источников электропитания промышленного и специального назначения. АЭИЭП. — М. 2006.

3. И. Твердов. Охлаждение универсальных модулей питания// Электронные компоненты, №8, 2008.

4. И. Твердов. Пассивные корректоры коэффициента мощности для однофазных и трехфазных модулей питания// Компоненты и технологии, №4, 2009.

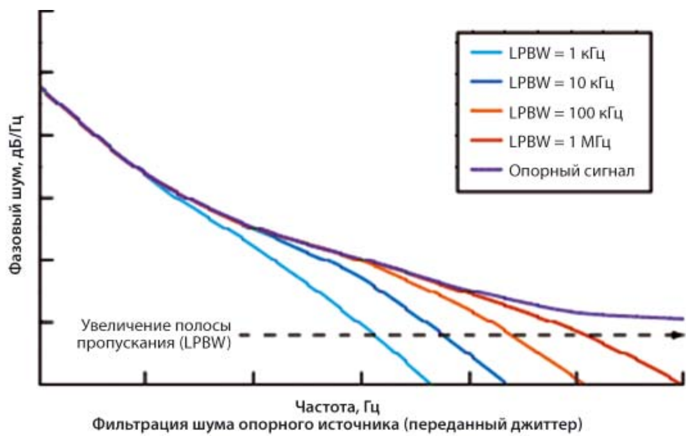
5. А. Карих. Построение ячеек питания в формате 6U// Современная электроника, №2, 2010.

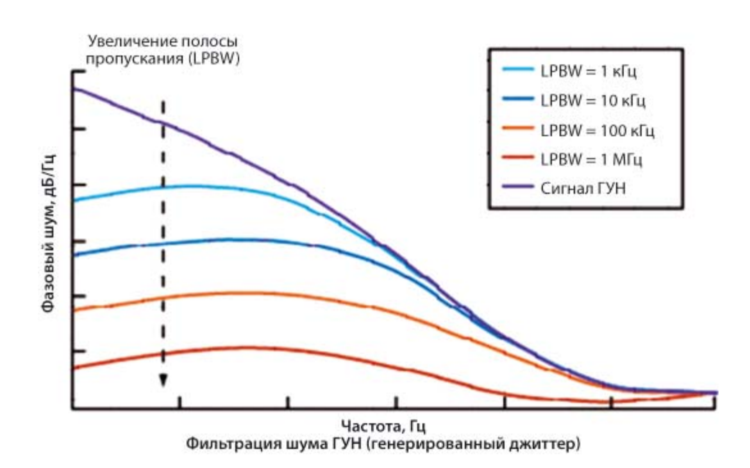
6. И. Твердов. Модули электропитания в бортовых системах электропитания//Сборник «Электропитание 2005».

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРА В ПЕТЛЕ ФАПЧ

СЕРГЕЙ МЕТРОПОЛЬСКИЙ, технический консультант, «ИД Электроника»

В статье описаны основные положения, исходя из которых выбираются параметры ФАПЧ. Особое внимание уделено шумовым характеристикам. Дан наглядный и подробный пример расчета.





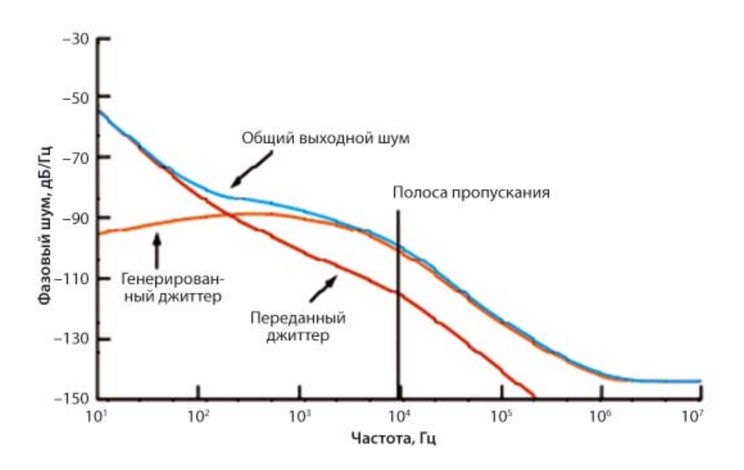


Рис. 1. **Степень подавления шума в зависимости от частоты**

Качество работы схемы зависит от многих параметров, в т.ч. от уровня шума или джиттера (фазовый шум). Ключевая задача при разработке высокопроизводительных ФАПЧ — это объективный выбор полосы частот петли ОС так, чтобы обеспечивался компромисс между уровнем выходного джиттера и полосой пропускания ФНЧ в схеме ФАПЧ.

Джиттер на выходе ФАПЧ обусловлен в основном двумя источниками: шумом опорного источника и внутренним шумом ГУН. Первый генерируется источником сигнала, паразитными связями на печатной плате, неидеальностями в схеме источника питания. Шум ГУН генерируется элементами ФНЧ, усилителем в схеме ГУН и источником питания.

Из рисунка 1 видно, что с увеличением полосы пропускания ФНЧ входной шум подавляется сильнее, а внутренний, генерируемый блоком ГУН, — слабее. Для уменьшения входного шума и обеспечения низкого уровня выходного джиттера в ФАПЧ применяются специальные схемы ослабления. Чем уже полоса ФНЧ, тем сильнее ослабляется джиттер, обусловленный шумами опорного источника (верхний график на рисунке 1). Если больший вклад делает опорный источник, то обычно используется ФАПЧ с узкой полосой, чтобы отфильтровать его. Однако если полоса ФНЧ очень узкая, то определяющую роль начинает играть шум ГУН.

Если его не учитывать, то система может иметь высокий уровень выходного шума. В этом случае можно использовать дискретную схему ФАПЧ с высококачественным кварцевым резонатором, управляемым напряжением. Недостаток данного подхода заключается в том, что устройство остается чувствительно к другим источникам шумов. Второй способ ослабить шум — использовать тактовую ИС с внутренним ГУН, но при этом потребуется внешний ФНЧ, также подверженный внешним шумам.

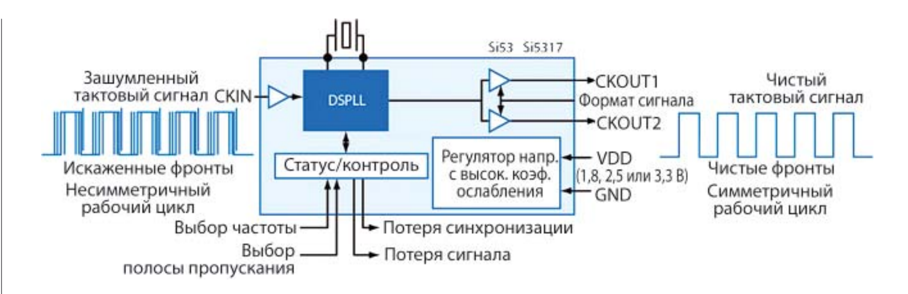


Рис. 2. **ИС с фильтрацией джиттера**

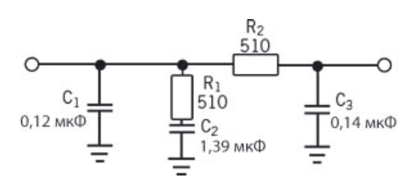


Рис. 3. **Схема типового фильтра петли ФАПЧ с номиналами, рассчитанными предлагаемым способом**

В отношении джиттера самое слабое место в схеме ФАПЧ — это точка соединения ФНЧ и ГУН, поскольку шум ФНЧ поступает на вход ГУН и, усиливаясь, передается на выход.

Применение дискретного ФНЧ усложняет схему ФАПЧ. Стабильность ФАПЧ (достаточный запас по фазе) приходится рассчитывать для каждой комбинации частоты и полосы пропускания. В некоторых быстродействующих ФАПЧ используются специальные приемы разводки печатной платы, такие как наложение защитных колец вокруг элементов ФНЧ, чтобы обеспечить изоляцию и свести к минимуму ток утечки. Однако поскольку для большинства классических быстродействующих тактовых ИС требуется несколько изолированных полигонов питания, то ограничения по расположению элементов фильтра усложняют проектирование печатной платы.

Другой способ ослабить джиттер — использовать специализированные тактовые ИС с фильтрацией джиттера (см. рис. 2). Рассмотрим его на примере ИС Si5317 компании Silicon Labs. Входной тактовый сигнал имеет частоту 1…710 МГц, на выходе генерируются два тактовых сигнала одинаковой частоты с очень низким уровнем джиттера, равным 0,3 пс на частоте 12...20 кГц. Рабочая частота схемы устанавливается с помощью двух управляющих выводов, без обращения к ЦП.

Схема содержит интегрированный ФНЧ с цифровым управлением. Полоса фильтра выбирается с помощью управляющих выводов. Всего возможно 8 вариантов из диапазона 60 Гц...8,4 кГц.

На практике иногда приходится решать обратную задачу: по заданной полосе пропускания подбирать параметры фильтра в петле ФАПЧ. Например, когда синтезатор частот используется как модулирующее устройство. Модулирующий сигнал может поступать на ГУН до или после фильтра петли ФАПЧ. Соответственно, частотная модуляционная характеристика на выходе передатчика будет иметь форму ФНЧ или ФВЧ с частотой среза, равной полосе пропускания петли ФАПЧ.

В первую очередь, необходимо задать полосу пропускания фильтра. От нее зависит много параметров, например, время перестройки частоты или уровень шума.

ПРИМЕР

Рассчитаем параметры типового фильтра петли ФАПЧ, схема которого представлена на рисунке 3. Указанные номиналы подобраны в соответствии с расчетными значениями.

Исходные требования к синтезатору частоты:

– частотный диапазон — 770,01… …800,01 МГц;

– шаг сетки каналов по частоте — 30 кГц;

– максимальный шаг перестройки частоты — 30 МГц;

– полоса пропускания петли ΔF = 1000 Гц.

Пусть активные элементы синтезатора имеют следующие параметры:

– крутизна характеристики ГУН $K_{ГУН}$ = 22 МГц/В;

– максимальный выходной ток ФАПЧ $I_{вых}$ = 6 мА.

Во-первых, определим максимально возможный шаг перестройки частоты $F_{шаг}$:

$$F_{шаг} = F_{МАКС\ ГУН} - F_{МИН\ ГУН}.$$

В нашем случае $F_{шаг}$ = 800,01 – 770,01 = = 30 МГц.

При этом максимальное число шагов N вычисляется следующим образом:

$$N = \frac{F_{МАКС.ГУН}}{шаг\ сетки} = \frac{800{,}01\ МГц}{30\ кГц} = 26\ 667.$$

Рассчитаем собственную частоту F_N по формуле:

$$F_N = \frac{2\Delta F}{2\pi \cdot (\xi + 1/4\xi)},$$

где ξ — коэффициент демпфирования, обычно равный 0,707. Получаем:

$$F_N = \frac{2 \cdot 1000}{6{,}28 \cdot (0{,}707 + 1/2{,}828)} = 300{,}27\ Гц$$

Для расчета емкости конденсатора C_2 воспользуемся выражением:

$$C_2 = \frac{I_{вых} \cdot K_{ГУН}}{N \cdot (2\pi \cdot F_N)^2}.$$

Подставляя наши данные, получаем:

$$C_2 = \frac{0{,}006 \cdot 22 \cdot 10^6}{(6{,}28 \cdot 300{,}27)^2}.$$

Рассчитаем сопротивление резистора R_1:

$$R_1 = 2\xi\sqrt{\frac{N}{I_{вых} \cdot K_{ГУН} \cdot C_2}} =$$

$$= 1{,}414\sqrt{\frac{26667}{0{,}006 \cdot 22 \cdot 10^6 \cdot 1{,}39 \cdot 10^{-6}}} = 539\ Ом;$$

Найдем емкость конденсатора C_1:

$$C_1 = C_2/10 = 1{,}39\ мкФ/10 = 0{,}139\ мкФ.$$

Далее следует выбрать значения R_2 и C_3. Эти элементы служат для подавления паразитных гармоник частоты опорного генератора. Соответственно, постоянная времени данной RC-цепи должна быть в десять раз меньше, чем для цепи R_1C_2.

Допустим, что R_2 = 539 Ом, тогда C_3 = 1,39 мкФ/10 = 0,139 мкФ.

Рассчитаем время перестройки частоты T_S:

$$T_s = \frac{-1 \cdot \left(\ln \frac{F_A}{F_ш}\right)}{F_N \cdot 2\pi \cdot 2\xi},$$

где F_A — частота перестройки за время T_S, обычно равная 1000 Гц.

$$T_s = \frac{-1 \cdot \left(\ln \frac{1000}{30 \cdot 10^6}\right)}{300{,}27 \cdot 6{,}28 \cdot 0{,}707} = 7{,}73\ мс.$$

На рисунке 3 элементы приведены с номиналами из стандартного ряда. Измеренные характеристики синтезатора частот с таким фильтром, выполненного на микросхеме MB15E03SL, хорошо согласуются с расчетом. Зависимость фазовых шумов от частоты в диапазоне 100 Гц…100 кГц для данной схемы изображена на рисунке 4. На частоте 100 Гц (точка 0) фазовые шумы составляют: — 72,0 дБс/Гц, а на частоте 1000 Гц (точка 1): –75,5 дБс/Гц. Эта зависимость показывает также полосу пропускания петли, которая получилась почти равной заданной, т.е. 1000 Гц.

Из графика на рисунке 5 видно, что уровень составляющих спек-

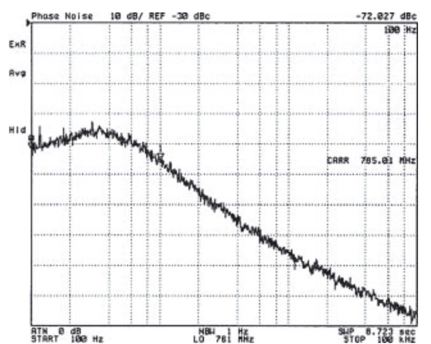
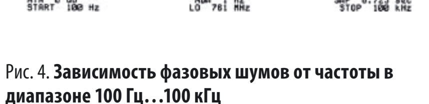



Рис. 4. **Зависимость фазовых шумов от частоты в диапазоне 100 Гц…100 кГц**

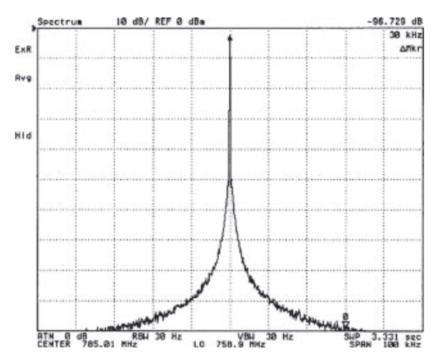
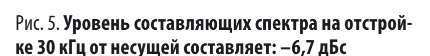



Рис. 5. **Уровень составляющих спектра на отстройке 30 кГц от несущей составляет: –6,7 дБс**

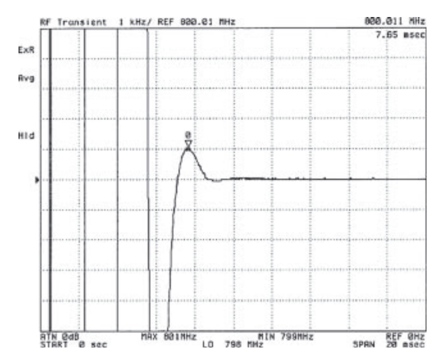


Рис. 6. **Время перестройки частоты с 770,01 на 800,01 МГц составляет 7,65 мс**

тра на отстройке 30 кГц от несущей составляет –96,7 дБс. По зависимости, представленной на рисунке 6, можно определить время перестройки частоты с 770,01 на 800,01 МГц. Оно составляет 7,65 мс. Это время определяется в основном полосой пропускания петли. В таблице 1 приведены значения времени перестройки, полученные для различных полос пропускания.

Таблица 1. **Значения времени перестройки, полученные для различных полос пропускания**

Полоса пропускания петли ФАПЧ, Гц	Время перестройки, мс
500	15,5
1000	7,7
2000	3,9
3000	2,6

ЛИТЕРАТУРА

1. James Wilson. Optimal Jitter Attenuation Starts With The Proper PLL Bandwidth// http://electronicdesign.com/article/analog-and-mixed-signal/Optimal-Jitter-Attenuation-Starts-With-The-Proper-PLL-Bandwidth-.aspx.

2. Ken Holladay. Design a PLL for a specific loop bandwidth//www.edn.com/article/504463-Design_a_PLL_for_a_specific_loop_bandwidth.php.

MOSFET International Rectifier в малогабаритных корпусах

ЕВГЕНИЙ ЗВОНАРЕВ, инженер по аналоговой продукции, «Компэл»

Компания International Rectifier (IR) уделяет особое внимание развитию технологий новых MOSFET, характеризующихся ультранизким сопротивлением канала в открытом состоянии и улучшенными динамическими параметрами. Постоянное совершенствование технологии производства кристаллов и их корпусирования позволяет продукции IR отвечать современным требованиям эффективности, энергопотребления и соответствовать жестким условиям эксплуатации при конкурентных ценах. В статье рассмотрены транзисторы новых поколений в малогабаритных корпусах SOT-23, SO-8 и PQFN.

Развитие технологий производства MOSFET направлено на постоянный рост удельной мощности кристалла при уменьшении сопротивления канала в открытом состоянии, или, если более точно, задача состоит в снижении комплексного показателя потерь, который учитывает суммарные потери на переключение и проводимость. Чаще всего MOSFET применяются в качестве ключа с высокой частотой переключения. В этих схемах силовой транзистор должен выполнять противоречивые требования. С одной стороны, необходимо минимальное сопротивление канала $R_{ds(on)}$. С другой стороны, MOSFET должен иметь минимальное значение суммарного заряда затвора, который определяет скорость переключения силового ключа. Развитие технологий новых поколений полевых транзисторов позволяет ослабить противоречия между статическими и динамическими параметрами MOSFET.

ТРАНЗИСТОРЫ MOSFET В КОРПУСЕ SOT-23

Новые P- и N-канальные MOSFET в стандартном корпусе SOT-23 имеют ультранизкое сопротивление открытого канала $R_{ds(on)}$ и предназначены для применения в переключателях зарядных устройств аккумуляторных батарей, коммутаторах нагрузки, электроприводах, телекоммуникационном оборудовании и т.д. Новая линейка транзисторов перекрывает диапазон напряжений –30…100 В и имеет различные значения $R_{ds(on)}$ и заряда затвора (QG), что позволяет инженерам иметь более широкий выбор для разработки компактных, эффективных, в том числе и по цене, решений. Основные параметры этих транзисторов приведены в таблице 1.

В таблице 2 для сравнения приведены параметры $R_{ds(on)}$ транзисторов с N-каналом транзисторов других производителей. IRLML030 заменяют с улучшением по параметру

Таблица 1. ***Параметры новых транзисторов MOSFET International Rectifier в корпусе SOT-23***

SOT-23 MOSFET	Корпус	Uси (макс), В	Uзи (макс), В	Iстока при 25°C, А	$R_{ds(on)}$ при Uзи = 10 В, мОм		$R_{ds(on)}$ при Uзи = 4,5 В, мОм		QG*, нКл (тип.)
					Тип.	Макс.	Тип.	Макс.	
IRLML9301	SOT-23	-30	±20	-3,6	51	64	82	103	4,8
IRLML9303	SOT-23	-30	±20	-2,3	135	165	220	270	2,0
IRLML0030	SOT-23	30	±20	5,3	22	27	33	40	2,6
IRLML2030	SOT-23	30	±20	2,7	80	100	123	154	1,0
IRLML0040	SOT-23	40	±16	3,6	44	56	62	78	2,6
IRLML0060	SOT-23	60	±16	2,7	78	92	78	116	2,5
IRLML2060	SOT-23	60	±16	1,2	356	480	475	640	0,67
IRLML0100	SOT-23	100	±16	1,6	178	220	190	235	2,5

*QG — полный заряд затвора.

Таблица 2. ***Сравнение параметров MOSFET IR в корпусе SOT-23 с аналогичными транзисторами других производителей***

	Uзи макс., В	$R_{ds(on)}$ при Uзи = 10 В		$R_{ds(on)}$ при Uзи = 4,5 В		Производитель
		$R_{ds(on)}$ тип.	$R_{ds(on)}$ макс.	$R_{ds(on)}$ тип.	$R_{ds(on)}$ макс.	
IRLML0030	**30**	**22**	**27**	**33**	**40**	**IR**
PMV45EN	30	35	42	45	54	NXP
FDN359BN	30	26	46	32	60	Fairchild
Si2306BDS	30	38	47	52	65	Vishay
FDN357N	30	53	60	81	90	Fairchild
Si2304BDS	30	55	70	80	105	Vishay
NDS355AN	30	65	85	105	125	Fairchild
IRLML2030	**30**	**80**	**100**	**123**	**154**	**IR**
MGSF1N03LT1	30	80	100	125	145	OnSemi
FDN361BN	30	92	110	120	160	Fairchild
NDS351AN	30	92	160	120	250	Fairchild

$R_{ds(on)}$ транзисторы PMV45EN (NXP), FDN359BN, FDN357N и NDS355AN (Fairchild), Si2306BDS и Si2304BDS (Vishay). Для оптимальной замены по параметрам и цене MGSF1N03LT1 (On Semiconductor), FDN361BN и NDS351AN можно использовать транзисторы MOSFET IRLML2030. Конечно, если транзисторы в схеме будут работать на высоких частотах переключения, то при замене необходимо обращать внимание на динамические параметры ключей (полный заряд затвора, паразитные емкости и время переключения). При расчете схемы к значениям $R_{ds(on)}$, указанным в документации, следует относиться очень внимательно. Производители обычно указывают этот параметр при температуре 25°C, но маловероятно, что кристалл ключевого транзистора при работе схемы останется при 25°C. На рисунке 1 показана нормированная зависимость сопротивления канала в открытом состоянии от температуры кристалла. Из этого графика видно, что $R_{ds(on)}$ увеличивается более чем на 50% при достижении максимально допустимой рабочей температуры, что необходимо учитывать при работе ключа в режимах, близких к предельным.

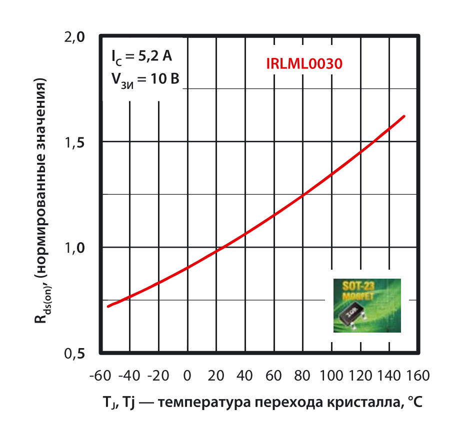


Рис. 1. ***Нормированные значения зависимости $R_{ds(on)}$ от температуры для IRLML0030***

P-КАНАЛЬНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ MOSFET В КОРПУСЕ SO-8

International Rectifier выпустила ряд новых MOSFET с одиночным и сдвоенным каналом P-типа, которые выполнены в корпусе SO-8 и рассчитаны на напряжение сток – исток 30 В. Среди всех транзисторов в новом семействе (см. табл. 3) минимальное сопротивление открытого канала (всего 4,6 мОм при максимальном токе 20 А) имеет транзистор IRF9310PBF. Наилучшие динамические характеристики у транзистора IRF9335PBF — минимальное значение заряда затвора 4,7 нКл, при этом максимальный ток составляет 5,4 А. Новые P-канальные MOSFET демонстрируют существенное улучшение значений тока по сравнению с транзисторами предыдущих поколений и предлагают разработчикам широкий выбор диапазонов значений $R_{ds(on)}$.

N-КАНАЛЬНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ MOSFET В КОРПУСАХ PQFN

Быстрыми темпами начинают завоевывать российский рынок MOSFET в корпусе PQFN. Эффективность этих транзисторов выше, чем у транзисторов в других корпусах (за исключением DirectFET). Помимо более низкого активного сопротивления выводов корпус PQFN характеризуется улучшенными тепловыми характеристиками. Таким образом, можно существенно повысить плотность мощности или снизить температуру транзистора при его работе. Например, при использовании транзисторов в качестве синхронных выпрямителей можно существенно снизить температуру корпуса и повысить надежность схемы. Транзисторы предназначены для работы в схемах синхронного выпрямления, приложениях типа OR'ING (силовая схема «ИЛИ» для соединения источников питания) и многих других. Основные

Таблица 3. ***Параметры новых P-канальных транзисторов MOSFET International Rectifier в корпусе SO-8***

	Корпус	Uси (макс), В	Uзи (макс), В	Iстока при 25°C, А	$R_{ds(on)}$ при Uзи = –10 В, мОм		$R_{ds(on)}$ при Uзи = –4,5 В, мОм		QG* при Uзи = 4,5 В, нКл (тип.)
					Тип.	Макс.	Тип.	Макс.	
IRF9310	SO-8	-30	±20	-20	3,9	4,6	5,8	6,8	58
IRF9317	SO-8	-30	±20	-16	5,4	6,6	8,3	10,2	31
IRF9321	SO-8	-30	±20	-15	5,9	7,2	9,3	11,2	34
IRF9328	SO-8	-30	±20	-12	10,0	11,9	16,1	19,7	18
IRF9332	SO-8	-30	±20	-9,8	13,6	17,5	22,5	28,1	14
IRF9333	SO-8	-30	±20	-9,2	15,6	19,4	25,6	32,5	14
IRF9335	SO-8	-30	±20	-5,4	48	59	83	110	4,7
IRF9362	SO-8 (dual)	-30	±20	-8,0	17,0	21	25,7	32	13

*QG — полный заряд затвора.

Таблица 4. ***Параметры новых транзисторов MOSFET International Rectifier в корпусах PQFN***

	Корпус	Uси (макс), В	Uзи (макс), В	Iстока при 25°C, А	$R_{ds(on)}$ при Uзи = 10 В, мОм		$R_{ds(on)}$ при Uзи = 4,5 В, мОм		QG*, нКл (тип.)
					Тип.	Макс.	Тип.	Макс.	
IRFHM831	PQFN 3x3	30	±20	40	6,6	7,8	10,7	12,6	7,3
IRFHM830D	PQFN 3x3	30	±20	40	3,4	4,3	5,7	7,1	13
IRFHM830	PQFN 3x3	30	±20	40	3,0	3,8	4,8	6,0	15
IRFH5303	PQFN 5x6	30	±20	82	3,6	4,2	5,7	6,8	15
IRFH5304	PQFN 5x6	30	±20	79	3,8	4,5	5,8	6,8	16
IRFH5306	PQFN 5x6	30	±20	44	6,9	8,1	11,0	13,3	7,8
IRFH5255	PQFN 5x6	25	±20	51	5,0	6,0	8,8	10,9	7,0
IRFH5250D	PQFN 5x6	25	±20	100	1,0	1,4	1,7	2,2	39

*QG — полный заряд затвора.

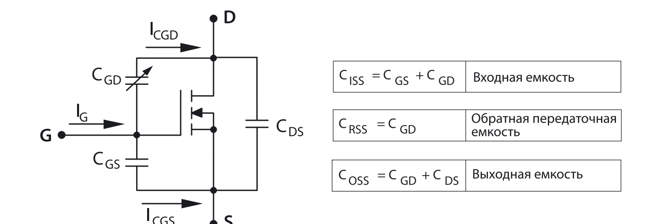


Рис. 2. ***Емкости MOSFET***

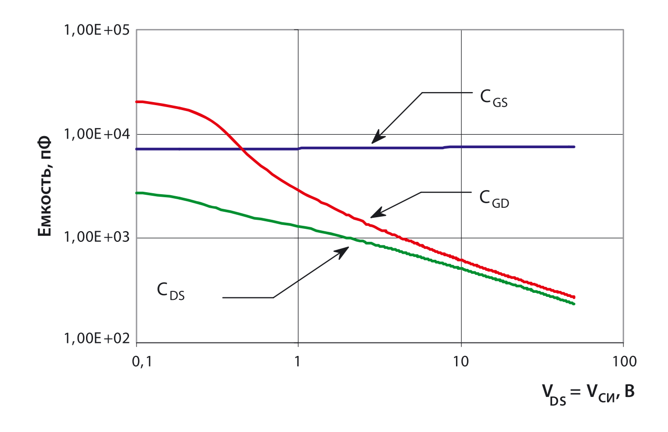


Рис. 3. ***Типовые зависимости емкостей MOSFET при разных напряжениях сток – исток***

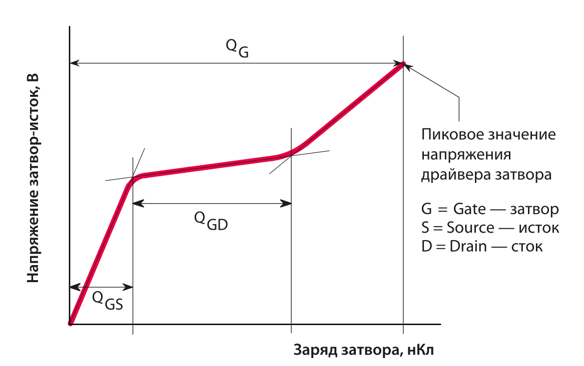


Рис. 4. ***Типовая зависимость заряда затвора MOSFET от напряжения затвор – исток***

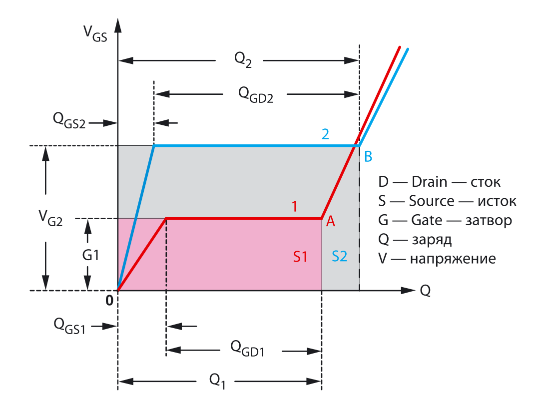


Рис. 5. ***Сравнение энергии переключения двух MOSFET***

параметры силовых полевых транзисторов в корпусах PQFN сведены в таблицу 4.

Переход от корпуса SO-8 к корпусу PQFN осуществляется достаточно просто. При этом разработчик может использовать ряд преимуществ корпуса PQFN:

– высота корпуса PQFN равна всего 0,9 мм, что вдвое меньше по сравнению с корпусом SO-8;

– выводы корпуса PQFN имеют более низкое активное сопротивление, благодаря чему, при прочих равных условиях, транзисторы, размещенные в этом корпусе, способны работать с более высоким током стока;

– корпус PQFN имеет улучшенные тепловые характеристики.

Последнее свойство позволяет повысить плотность мощности или уменьшить рабочую температуру транзистора (по данным производителя применение корпуса PQFN позволяет снизить температуру корпуса приблизительно на 30°C, когда транзистор используется в качестве синхронного выпрямителя, и приблизительно на 10°C, если транзистор используется в роли силового ШИМ-коммутатора). Дополнительным стимулом к использованию корпуса PQFN является его сравнительно невысокая стоимость.

Главным отличием силовых полевых транзисторов является возможность их размещения в корпусе PQFN меньшего типоразмера (3×3 мм), который при сохранении высоты на прежнем уровне (0,9 мм) позволяет уменьшить занимаемую на плате площадь на 70%.

ЕМКОСТИ MOSFET И ЗАРЯД ЗАТВОРА

Наиболее часто MOSFET применяются в качестве ключей, работающих на высоких частотах переключения. В этих случаях приходится внимательно рассматривать динамические параметры ключей, т.к. быстрое переключение мощных полевых транзисторов требует переноса заряда затвора за короткий промежуток времени. Динамические характеристики MOSFET зависят от емкостей транзистора, которые показаны на рисунке 2. Наибольшее влияние на скорость переключения полевого транзистора оказывает обратная передаточная емкость C_{RSS} или емкость Миллера (неслучайно емкость C_{GD} на рисунке 2 показана как переменная). При изменении напряжения на стоке, большая часть тока управления с выхода драйвера затвора течет именно в емкость Миллера, поэтому производители при разработке новых транзисторов в первую очередь уделяют внимание именно емкости C_{RSS}. Обратите внимание, что емкость Миллера C_{GD} входит также в состав входной и выходной емкостей.

Следует учитывать, что и сами емкости MOSFET во многом зависят от приложенного к ним напряжения. Рисунок 3 иллюстрирует типовые зависимости емкостей MOSFET при изменении напряжения сток — исток. Из него видно, что при уменьшении напряжения между стоком и истоком (т.е. при открывании транзистора) емкости затвор — исток и затвор – сток резко увеличиваются, что усложняет расчет временных характеристик ключевой схемы. Для корректного расчета динамических параметров ключевых схем на полевых транзисторах лучше всего использовать заряд затвора Q_G. Заряд затвора определяется как заряд, который необходимо приложить к затвору, чтобы добиться полного переключения транзистора. Заряд затвора имеет нелинейную зависимость от приложенного напряжения затвор – исток, что показано на рисунке 4.

Заряд Q_{GS} определяется входной емкостью (заряжается емкость затвор – исток). Почти горизонтальный участок графика характеризует заряд емкости затвор – сток (емкости Миллера). Второй подъем графика иллюстрирует заряд обеих емкостей, необходимый для переключения транзистора при конкретном напряжении и токе. Заряд Q_G на рисунке 4 определяет полный заряд затвора. Именно такой заряд необходимо передать на вход MOSFET, чтобы достигнуть полного открытого состояния полевого транзистора.

КОРРЕКТНОЕ СРАВНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗНЫХ MOSFET

Меньшая входная емкость полевого транзистора не всегда означает, что этот транзистор имеет более высокое быстродействие по сравнению с тем, у которого входная емкость больше. Подтверждением этому является график

на рисунке 5. Красная линия графика соответствует зависимости заряда затвора транзистора 1 от напряжения затвор — исток. График синего цвета характеризует аналогичную зависимость для второго полевого транзистора. Транзистор 1 имеет более высокую входную емкость, т.к. наклон характеристики (из нулевой точки графика) у него меньше, чем у второго MOSFET. Напряжения затвор – исток Q_{GS1} и Q_{GS2} у обоих транзисторов примерно одинаковы, потому что транзистор 1 имеет более высокую проводимость и, следовательно, требует меньшего напряжения на затворе для конкретного значения тока запуска (Q_{GS1} меньше Q_{GS2}). Из этого следует, что заряд Миллера, поступающий в затвор транзистора 1 меньше заряда Миллера, поступающего в затвор второго MOSFET. Другими словами, полный заряд затвора Q_1, необходимый для переключения транзистора 1, оказывается меньше заряда Q_2, требуемого для переключения второго MOSFET. Если бы сравнение этих транзисторов делалось только на основе величин входных емкостей, то был бы сделан неправильный вывод, что транзистор 2 лучше первого, что в данном примере неверно.

Другим очень важным параметром MOSFET является энергия переключения. Энергия переключения — это произведение заряда затвора на напряжение затвора. Энергия определяется площадью прямоугольника, угол которого находится в точке переключения (точка «А» для транзистора 1 и точка «В» для транзистора 2). На рисунке 5 хорошо видно, что энергия переключения первого транзистора гораздо меньше, чем у второго. Или другими словами, для переключения первого транзистора требуется драйвер с меньшим выходным током.

Учитывая рассмотренное выше сравнение, при выборе MOSFET, работающего на высоких частотах переключения, необходимо обязательно обращать внимание на энергию переключения. Конечно, сравнивать транзисторы необходимо при одинаковых условиях измерений.

Для получения технической информации, заказа образцов и поставки MOSFET IR пишите по адресу: power.vesti@compel.ru



НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

| INTEL БУДЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТРЕХМЕРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ В НОВЫХ ПРОЦЕССОРАХ | Крупнейший в мире производитель микропроцессоров — корпорация Intel анонсировала принципиально новую технологию изготовления чипов с трехмерной структурой транзисторов.

Новая разработка, которую Intel именует «прорывом в эволюции транзисторов», позволяет создавать существенно более производительные и энергоэффективные процессоры по сравнению с существующими аналогами. Американская корпорация пока является единственным полупроводниковым производителем, готовым к внедрению этой технологии в массовую продукцию.

Разработка, получившая название 3-D Tri-Gate, будет впервые реализована в серийных процессорах в конце этого года. Трехмерные транзисторы дебютируют в чипах семейства Ivy Bridge, изготавливаемых по 22-нм технологии и предназначенных для персональных компьютеров. В дальнейшем Intel планирует использовать технологию для создания более экономичных и производительных процессоров Intel Atom для мобильных устройств и встроенных решений.

По заявлению компании, внедрение 3-D Tri-Gate повышает производительность процессора до 37% при одновременном переходе с 32-нм на 22-нм топологические нормы (подобный переход, сам по себе, также позволяет увеличить скорость работы чипа). При сохранении производительности энергопотребление процессора после смены технологии может быть уменьшено более чем вдвое.

Компания пока не раскрывает деталей новой технологии, отмечая лишь, что переход от традиционной планарной к трехмерной структуре транзистора позволяет снизить сопротивление открытого логического элемента, увеличить сопротивление в закрытом состоянии и помогает быстрее переключаться между этими режимами. Соответственно, применение трехмерных транзисторов снижает рабочее напряжение чипа и уменьшает токи утечки.

О начале разработке технологии трехмерных транзисторов Intel совместно с компанией Texas Instruments объявила еще в 2006 г. Тогда предполагалось, что новация найдет применение в серийной продукции к 2010 г.

Хотя Intel сохраняет лидерство на рынке полупроводниковых производителей, разрыв между ним и «игроком номер два» — Samsung Electronics по итогам 2010 г. существенно сократился. Intel доминирует на рынке процессоров для персональных компьютеров и серверов, но имеет слабые позиции в активно развивающемся сегменте смартфонов и планшетных компьютеров.

www.elcomdesign.ru

Ускорение в инновациях: новые акселерометры компании Freescale

АЛЕКСАНДР ГУБА, к.т.н., руководитель направления «Датчики», группа компаний «Симметрон»

Акселерометры, устройства для измерения ускорений, прошли долгий путь развития и достигли совершенно неожиданных высот благодаря современным МЭМС-технологиям. Но как правильно использовать новые технологические преимущества для того, чтобы создавать конкурентоспособную продукцию на их основе? Об этом, а также о новой линейке акселерометров MMA845xQ компании Freescale и пойдет речь в данной публикации.

Области применения акселерометров чрезвычайно широки. Они используются в системах оповещения о землетрясениях или предупреждают население прибрежных городов о цунами. Акселерометры широко применяются в современных мобильных устройствах — телефонах, смартфонах, КПК, портативных проигрывателях и игровых приставках. В современном автомобиле акселерометры являются частью систем стабилизации курса или в доли секунды инициируют срабатывание подушек безопасности в случае аварийной ситуации. Существует множество иных областей применения, которых становится больше из года в год.

Повсеместное распространение акселерометров стало возможным благодаря технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС), которая позволила объединить в единой микросхеме микроэлектронные и микромеханические элементы с сохранением высокой точности, присущей традиционным прецизионным электромеханическим системам. МЭМС-технологии известны относительно давно, однако далеко не каждой компании под силу создавать на ее базе конкурентоспособную продукцию.

Среди признанных лидеров в данной области выделяется компания Freescale Semiconductor, имеющая 30-летний опыт успешных разработок самых различных приложений. В настоящее время компания выпускает более 50 разновидностей акселерометров, которые сгруппированы в три серии по диапазонам измеряемых ускорений: малые (менее 20g), средние (20—100 g) и высокие (100—500g).

Одной из последних разработок компании является семейство Xtrinsic MMA845xQ, включающее 10-, 12- и 14-разрядные конструктивно совместимые акселерометры с малым энергопотреблением. Устройства содержат встроенные функции для проведения конфигурируемого пользователем прецизионного анализа ускорений. Для обеспечения сверхнизкого энергопотребления акселерометры MMA845xQ имеют шесть программируемых режимов с частотами измерений в диапазоне 1,5—800 Гц и схему управления питанием из четырех режимов: от максимального разрешения до сверхнизкого энергопотребления. Данная особенность обеспечивает высокие показатели энергосбережения и точности для измерения сверхмалых ускорений.

Конструктивная совместимость и наличие унифицированной регистровой карты максимизируют аппаратную взаимозаменяемость между 10-, 12- и 14-разрядными разработками, обеспечивая возможность перехода от 10- до 14-разрядной точности измерений без дополнительных затрат. Акселерометры MMA845xQ имеют большие технические возможности для детектирования в режиме реального времени таких параметров движения как: определение ориентации в пространстве, направленных вибраций и касаний, тряски, свободного падения и в задачах измерения перемещений. Акселерометр MMA8451Q содержит 14/8-разрядный буфер FIFO, способный хранить до 32-х выборок данных, отфильтрованных с помощью алгоритмов цифровой обработки сигналов. Более подробная информация об акселерометрах серии MMA845xQ указана в таблице 1.

Таблица 1. ***Сводная таблица параметров акселерометров MMA845xQ***

Параметр	MMA8450Q	MMA8451Q	MMA8452Q	MMA8453Q	Преимущество
Напряжение питания, В	1,71...1,89	1,95...3,6	1,95...3,6	1,95...3,6	Широкий диапазон питающих напряжений расширяет области применения
Разрешение, бит	12	14	12	10	Высокое разрешение для высокоточных применений
Ток потребления, мкА	27	6			Пониженное энергопотребление позволяет продлить срок службы автономных источников питания
Низкий уровень шумов, ug/$\sqrt{Гц}$ ($f_{вых}$= 400 Гц)	375	99			Пониженный уровень шумов для высокоточных применений
Частота обновления вых. данных $f_{вых}$, Гц	1,563—400	1,563—800			Расширенный диапазон увеличивает число областей применения
Основные встроенные возможности					
Обнаружение свободного падения	Да				Увеличение быстродействия системы
Определение ориентации					
Встроенный FIFO буфер	Да		Нет		Снижение трафика по шине I²C, пониженное энергопотребление
Обнаружение касаний	Одинарное, двойное	Одинарное, двойное, направленное			Увеличение быстродействия системы, пониженное энергопотребление
Обнаружение тряски	Ненаправленная	Направленная и ненаправленная			
Высокочастотная фильтрация данных	Да			Нет	Уменьшение времени обработки данных системой
Автоматическое пробуждение/переход в спящий режим				Да	Пониженное энергопотребление

ТИПОВЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ FREESCALE MMA845XQ

– **Мобильные телефоны/портативные мультимедийные проигрыватели/карманные персональные компьютеры/цифровые камеры:**
  - определение ориентации (горизонтальная/вертикальная);
  - стабилизация изображений;
  - определение угла наклона с большим разрешением;
  - ускоренный набор номера с помощью жестикуляции;
  - управление касаниями;
  - автоматический переход в спящий/активный режим для снижения энергопотребления.

– **Смартбуки/электронные книги/нетбуки/ноутбуки/планшетные ПК:**
  - защита от краж;
  - выявление состояния свободного падения для защиты жестких дисков;
  - определение ориентации;
  - детектирование касаний.

– **Системы продажи билетов в общественном транспорте**

– **Мониторинг активности в медицинских применениях.**

– **Безопасность:**
  - детектирование слабых движений с высоким разрешением;
  - определение наклонов.

– **Мониторинг и отслеживание движущихся объектов:**
  - навигационное счисление пути;
  - автоматическое пробуждение системы при обнаружении движений;
  - регистрация ударов;
  - защита от краж;
  - платежные системы.

– **Обнаружение разбалансировки в моющих машинах**

– **Силовой инструмент и мелкая бытовая техника:**
  - определение наклонов;
  - системы безопасного отключения.

Одним из представителей семейства MMA845xQ является 3-осевой 14-разрядный акселерометр MMA8451Q, оснащенный встроенными гибкими функциями для программирования и имеющий конфигурируемые выводы прерываний (INT1 и INT2). Наличие встроенного механизма прерываний обеспечивает дополнительное энергосбережение всей системы, предотвращая необходимость в регулярном опросе состояния готовности данных внешним процессором. Встроенные функции цифровой обработки сигналов позволяют минимизировать необходимость в применении дополнительных алгоритмов для выделения прикосновений, ударов и вибраций. На рисунке 1 представлена структурная схема акселерометра MMA8451Q.

Устройство может быть сконфигурировано в режиме генерации прерываний для выхода из спящего режима посредством любой из комбинаций встроенных функций,

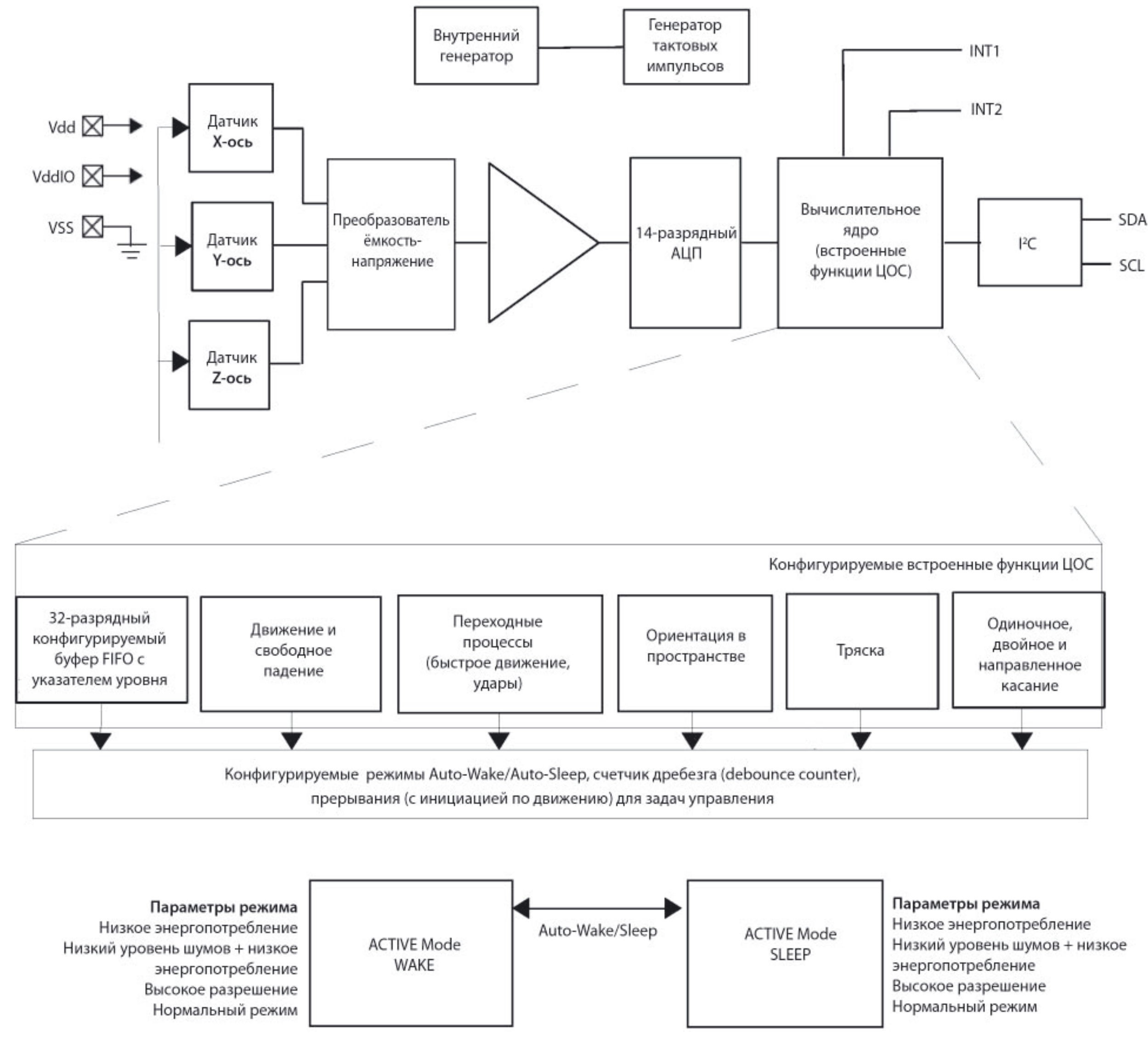


Рис. 1. ***Структурная схема акселерометра MMA8451Q***

что позволяет одновременно вести мониторинг внешних событий и находиться в режиме пониженного энергопотребления в паузах между событиями.

Все функциональные возможности доступны в динамических диапазонах 2g, 4g и 8g. Существует множество конфигурируемых настроек, подключающих различные функции. Акселерометр MMA8451Q доступен в QFN корпусе размерами 3×3×1 мм.

Основные характеристики MMA8451Q:
- напряжение питания: 1,95...3,6 В;
- напряжение питания цифрового интерфейса: 1,6...3,6 В;
- динамически устанавливаемые диапазоны полной шкалы: ±2g/±4g/±8g;
- частота обновления выходных данных: 1,56—800 Гц;
- уровень шумов: 99 $\mu g/\sqrt{Гц}$;
- выходные данные: 8 или 14 бит;
- выходной цифровой интерфейс I^2C (тактовая частота до 2,25 МГц);
- 2 программируемых вывода прерываний для 7 источников прерываний;
- 3 встроенных канала определения движения;
- возможность определения ориентации в пространстве (горизонтальная, вертикальная) с программируемой зоной нечувствительности;
- буфер FIFO на 32 выборки;
- фильтр низких частот;
- функция самотестирования;
- удовлетворяет требованиям директивы ROHS;
- ток потребления: 6...165 мкА.

На рисунке 2 представлена электрическая принципиальная схема подключения акселерометра MMA8451Q. Питание устройства осуществляется посредством линии VDD. Конденсаторы (используется керамический конденсатор емкостью 100 нФ совместно с электролитическим конденсатором 4,7 мкФ либо один керамический конденсатор номиналом 4,7 мкФ) обвязки источника питания должны располагаться максимально близко к выводам 1 и 14 устройства. Управляющие линии SCL, SDA и SA0 не допускают превышения напряжения выше уровня VDDIO + 0,3 В. В случае, если питающее напряжение VDDIO отсутствует, на управляющих линиях SCL, SDA и SA0 с помощью встроенных антистатических защитных диодов ограничиваются любые логические уровни.

Встроенные функции, пороги и временные характеристики обоих линий прерывания (INT1 и INT2) могут быть запрограммированы пользователем посредством интерфейса I^2C. Линии SDA и SCL всегда находятся в состоянии

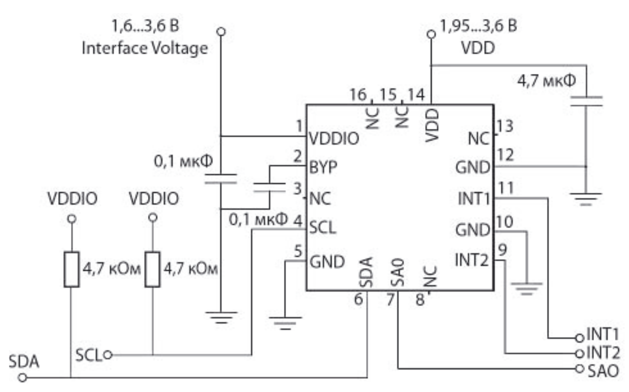


Рис. 2. ***Схема подключения акселерометра MMA8451Q***

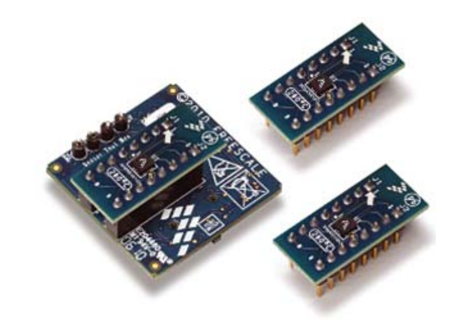


Рис. 3. ***Отладочные средства акселерометра MMA8451Q***

с открытым стоком и требуют использования подтягивающего резистора, как показано на рисунке 2.

Серия акселерометров MMA845xQ поддерживается набором отладочных средств для ускорения процесса разработки (см. рис. 3). Отладочный комплект LFSTBEB845x содержит три отладочных платы, которые подключаются к коммуникационной плате LFSTBUSB (поставляется отдельно). Набор RDMMA845x в дополнение к предыдущему комплекту содержит USB-плату. Плата разработчика LFSTBEB8450 представляет собой оценочную платформу для акселерометра MMA8450Q и содержит микроконтроллер QE8 для организации сбора данных. Набор RD3924MMA8450Q поставляется совместно с отладочной платой для акселерометра MMA8450Q и USB-платой.

Более подробную информацию об акселерометрах и другой продукции компании Freescale см. на сайтах www.freescale.com и www.symmetron.ru. По всем вопросам Вы также можете обратиться по адресу alexander.guba@symmetron.ru.

НОВОСТИ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

| IEEE ИЗУЧАЕТ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ETHERNET | IEEE сформировала новую рабочую группу, задачей которой является изучение перспектив развития Ethernet. Участники группы 802.3 Ethernet Bandwidth Assessment Ad Hoc должны опубликовать результат своей работы в июне 2012 г.

Наиболее свежая версия стандарта Ethernet 802.3ba, утвержденная год назад, включает спецификации 40G и 100G. В настоящее время в отрасли нет единства, каким должен стать шаг, который последует за этими версиями Ethernet с пропускной способностью 40 и 100 Гбит/с.

Компании Google и Facebook, владеющие большими вычислительными центрами, выступают за принятие в ближайшие годы спецификации Terabit Ethernet, которая позволит справиться с растущими потоками данных. Производители оборудования склоняются к более реалистичному варианту с пропускной способностью 400 Гбит/с. По их мнению, реализовать Terabit Ethernet пока нереально. В отрасли только начался сложный переход от скорости 10 Гбит/с к скорости 25 Гбит/с в расчете на одну линию. Несложно подсчитать, что даже для 400 Гбит/с необходимо объединение 16 линий. Дальнейшее увеличение их числа специалисты считают непрактичным.

Что касается наращивания скорости выше 25 Гбит/с, то эти работы еще не ведутся даже в лабораториях. Кстати, одной из целей перехода к скорости 25 Гбит/с было получение пропускной способности 100 Гбит/с путем агрегации всего четырех линий, а не десяти, как это было в продуктах 100G первого поколения, основанных на агрегации 10 × 10 Гбит/с. Этот позволило снизить сложность и стоимость оборудования.

www.ixbt.com

МИКРОСХЕМА ЦИФРОВОГО ФАЗОВОГО ДЕТЕКТОРА 5861ДФ2У

ЛЕОНИД АВГУЛЬ, к.т.н., директор, НТЦ «ДЭЛС»
БОРИС ИВАНОВ, начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»
ВИКТОР КРЯЖЕВ, главный конструктор, НТЦ «ДЭЛС»
СЕРГЕЙ КУРНОСЕНКО, к.т.н., заместитель директора по научной работе, НТЦ «ДЭЛС»
СЕРГЕЙ ТЕРЕШКО, к.т.н., главный научный сотрудник, НТЦ «ДЭЛС»

В статье описана микросхема цифрового фазового детектора 5861ДФ2У, ее особенности (два встроенных девятиразрядных делителя с переменными коэффициентами деления, два входа (аналоговый и цифровой) для каждого из делителей, возможность формирования выходного восьмиразрядного кода сигнала рассогласования) и характеристики (высокая нагрузочная способность (до 15 мА) по выходам сравнения, максимальная частота входных последовательностей — 150 МГц, рабочий диапазон температур: –60…125°С, напряжение питания 4,5…5,5 В).

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Микросхема 5861ДФ2У предназначена для измерения фазового рассогласования между двумя гармоническими сигналами или цифровыми импульсными последовательностями. Микросхема может быть использована в синтезаторах частоты, основанных на системе фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), а также для решения следующих задач:

– частотной модуляции и демодуляции;
– измерения и умножения частоты;
– преобразования типа «напряжение–частота»;
– синхронизации потоков данных;
– управления скоростью вращения двигателей.

Микросхема изготавливается по КМОП-технологии и имеет ТТЛ-совместимые входы и выходы. Конструктивно она выполнена в планарном металлокерамическом корпусе с четырехсторонним расположением выводов типа Н16.48-1В. Назначение выводов микросхемы приведено в таблице 1, а ее основные параметры — в таблице 2. Структурная схема 5861ДФ2У приведена на рисунке 1.

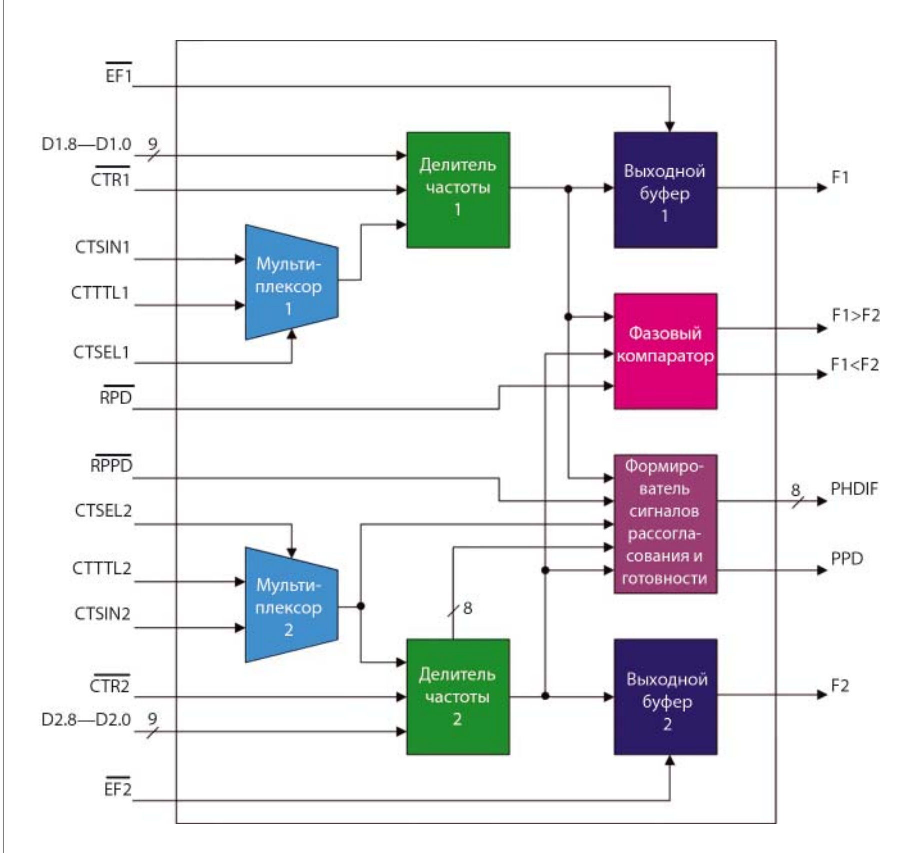


Рис. 1. **Структурная схема микросхемы**

УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Делители частоты имеют переменные коэффициенты деления К1 и К2, которые задаются девятиразрядными кодами D1(8:0) и D2(8:0) в соответствии с таблицей 3. Делители частоты выполняют деление поступающих на их входы гармонических сигналов (CTSIN1 и CTSIN2) или цифровых импульсных последовательностей (CTTTL1 и CTTTL2). Выбор типов входных сигналов осуществляется сигналами CTSEL1 и CTSEL2:

CTSEL1=0 — вход CTTTL1;
CTSEL1=1 — вход CTSIN1;
CTSEL2=0 — вход CTTTL2;
CTSEL2=1 — вход CTSIN2.

Сброс делителей частоты осуществляется подачей сигналов низкого уровня на входы асинхронного сброса CTR1 и CTR2. Поделенные последовательности с выходов делителей частоты поступают на входы фазового компаратора, а также через выходные буферы на выходы F1 и F2 микросхемы.

Выходные буферы управляются сигналами EF1 и EF2. При подаче на вход EF1 (EF2) сигнала низкого уровня соответствующий выходной буфер запирается, и на выходе F1 (F2) формируется сигнал логического нуля.

Фазовый компаратор осуществляет сравнение поделенных последовательностей, поступающих с выходов делителей частоты. В случае, когда частота импульсов F1 больше частоты импульсов F2, на выходе F1>F2 форми-

руется последовательность импульсов, длительность которых равна величине рассогласования фаз сигналов F1 и F2. При этом на выходе F1<F2 будут формироваться короткие импульсы, длительность которых не превышает 10 нс (см. рис. 2).

В случае если частота импульсов F1 меньше частоты импульсов F2, последовательность импульсов рассогласования фаз формируется на выходе F1<F2, а на выходе F1>F2 формируются короткие импульсы (см. рис. 3). При равенстве частот F1 и F2 короткие импульсы формируются на обоих выходах F1>F2 и F1<F2 (см. рис. 4).

Сброс фазового компаратора осуществляется подачей сигнала низкого уровня на вход асинхронного сброса RPD. Фазовый компаратор имеет мощные выходные каскады с открытым коллектором, которые обеспечивают высокую нагрузочную способность (до 15 мА) по выходам F1>F2, F1<F2 и допускают их подключение к внешнему источнику питания с напряжением до 15 В. Схема подключения выходов F1>F2 и F1<F2 показана на рисунке 5.

На вход формирователя сигналов рассогласования и готовности подаются входная последовательность второго делителя частоты, поделенные последовательности с выходов первого и второго делителей частоты и старшие восемь разрядов кода управления коэффициентом деления второго делителя частоты.

Формирователь вычисляет фазовое рассогласование между поделенными последовательностями F1 и F2 и выдает результат на выходную шину PHDIF микросхемы. Результат представляется в дополнительном коде и вычисляется в соответствии с выражением:

$$PHDIF = \frac{(\varphi_{F2} - \varphi_{F1} + 180°) \cdot K2}{360°}. \quad (1)$$

Если значение сигнала рассогласования лежит в интервале PHDIF = [–1;1],

Рис. 2. **Временные диаграммы формирования сигналов фазового детектора при F1>F2**

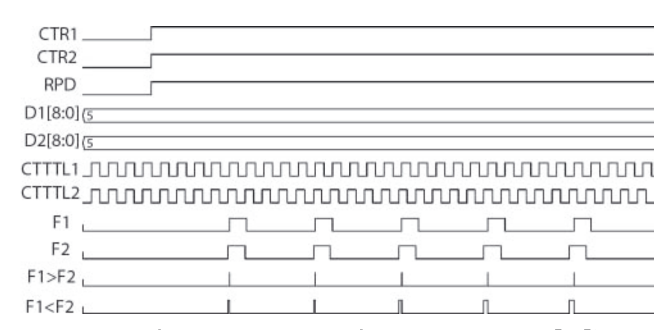


Рис. 3. **Временные диаграммы формирования сигналов фазового детектора при F1<F2**

Таблица 1. **Назначение выводов микросхемы**

Обозначение	Назначение
D1 [7:0]	Входная шина кода управления коэффициентом деления первого делителя частоты
CTTTL1	Вход цифровой импульсной последовательности первого делителя частоты
CTSIN1	Вход гармонического сигнала первого делителя частоты
CTSEL1	Вход выбора источника сигнала первого делителя частоты
$\overline{CTR1}$	Вход асинхронного сброса первого делителя частоты
F1	Выход первого делителя частоты
$\overline{EF1}$	Вход сигнала отключения выхода первого делителя частоты
D2 [7:0]	Входная шина кода управления коэффициентом деления второго делителя частоты
CTTTL2	Вход цифровой импульсной последовательности второго делителя частоты
CTSIN2	Вход гармонического сигнала второго делителя частоты
CTSEL2	Вход выбора источника сигнала второго делителя частоты
$\overline{CTR2}$	Вход асинхронного сброса второго делителя частоты
F2	Выход второго делителя частоты
$\overline{EF2}$	Вход сигнала отключения выхода второго делителя частоты
F1<F2	Выход сигнала сравнения фазового детектора
F1>F2	Выход сигнала сравнения фазового детектора
PHDIF	Выходная шина кода разности фаз частот первого и второго делителя
$\overline{RPD}$	Вход асинхронного сброса фазового компаратора
PPD	Выход сигнала готовности фазового детектора
$\overline{RPPD}$	Вход асинхронного сброса сигнала готовности фазового детектора
V_{CC}	Вывод питания от источника напряжения
GND	Общий вывод

Таблица 2. **Основные параметры микросхемы**

Наименование параметра, единица измерения	Обозначение параметра	Норма параметра	
		не менее	не более
Напряжение питания, В	U_{CC}	4,5	5,5
Среднеквадратичное значение напряжения по входам CTSIN1, CTSIN2, В	$U_{I\,RMS}$	0,3	1,6
Частота аналогового сигнала на входах CTSIN1, CTSIN2, МГц	f_{CTSIN}	—	150
Частота следования импульсов тактовых сигналов на входах CTTTL1, CTTTL2, МГц	f_{CTTTL}	—	150
Ток потребления, мА	I_{CC}	—	10,0
Динамический ток потребления, мА	I_{OCC}	—	120
Выходной ток низкого уровня, мА	I_{OL}	—	4
Выходной ток высокого уровня, мА	I_{OH}	—	|–4|
Выходной ток по выходам F1>F2 и F1<F2, мА	$I_{O\,F1>F2}$ $I_{O\,F1<F2}$	—	|±15,0|
Температурный диапазон, °С	T_a	–60	125

Таблица 3. **Соответствие коэффициентов деления делителей частоты входным кодам**

D1 (D2)	0	1	2	3	…	509	510	511
K1 (K2)	512	513	2	3	…	509	510	511

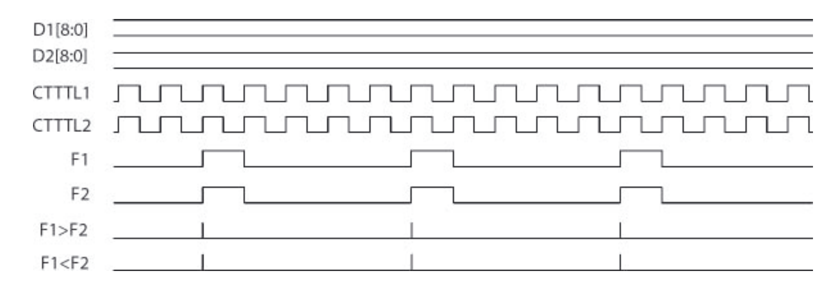


Рис. 4. **Временные диаграммы формирования сигналов фазового детектора при F1=F2**

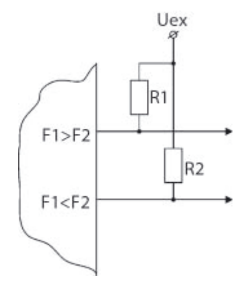


Рис. 5. **Схема подключения выходов F1>F2 и F1<F2**

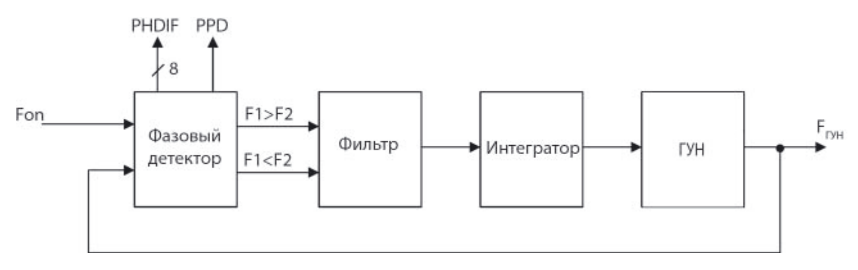


Рис. 6. **Структура системы ФАПЧ**

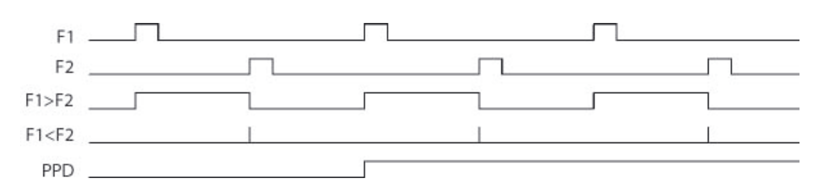


Рис. 7. **Временная диаграмма формирования сигнала PPD**

то на выходе PPD микросхемы формируется единичное значение сигнала готовности фазового детектора, свидетельствующее о том, что система ФАПЧ, в состав которой он входит, настроена (см. рис. 6).

Из выражения 1 видно, что сигнал готовности фазового детектора формируется при сдвиге фаз поделенных последовательностей F1 и F2 на 180°, что соответствует задержке между импульсами последовательностей, равной половине периода их повторения (см. рис. 7). Это связано с тем, что, если в качестве признака окончания настройки системы использовать равенство частот поделенных последовательностей при равенстве их фаз (см. рис. 4), то в этом случае на обоих выходах F1>F2 и F1<F2 будут формироваться короткие импульсы, которые не позволяют осуществить окончательную настройку системы и приводят к уходу настройки то в одну, то в другую сторону.

В качестве признака окончания настройки используется равенство частот поделенных последовательностей при сдвиге их фаз на 180°. При этом на одном из выходов F1>F2 или F1<F2 будут формироваться импульсы постоянной длительности (см. рис. 7), что позволяет существенно стабилизировать момент настройки системы ФАПЧ. Чтобы интегратор не вырабатывал управляющее напряжение, подаваемое на генератор, управляемый напряжением (ГУН), названные импульсы компенсируются путем подачи на вход интегратора компенсирующего напряжения.

Сброс формирователя сигналов рассогласования и готовности осуществляется путем подачи сигнала низкого уровня на вход асинхронного сброса RPPD.

СОБЫТИЯ РЫНКА



| TELIT WIRELESS SOLUTIONS ЗАВЕРШАЕТ ПРОЦЕСС ПРИОБРЕТЕНИЯ M2M-БИЗНЕСА У MOTOROLA SOLUTIONS | Компании Telit Wireless Solutions и Motorola Solutions успешно завершили сделку, в рамках которой Telit приобрела у Motorola бизнес-подразделение, специализирующееся на создании M2M-модулей. Сотрудники, занятые в производстве, также перешли в состав Telit. Обе компании, как и планировалось изначально, сохранят права на реализацию своих существующих продуктов и решений. Telit продолжит поддерживать и развивать производство M2M-продуктов, в том числе серии G24, G24-Light, G30 и C24.

Исходя из финансовых показателей Telit на конец 2010 г., данная сделка могла бы увеличить консолидированный доход Telit до 180 млн долл. А рыночная доля компании, по данным аналитического прогноза компании Beecham Research, достигла бы около 20%.

Сумма сделки составила 23 млн долл. Дополнительные 3 млн долл. будут потрачены на инвентаризацию приобретенной линейки продуктов в течение ближайших месяцев. Telit привлекла средства на финансирование этой сделки в ходе размещения 24 млн новых акций на общую сумму 19 млн фунтов стерлингов (без учета издержек). В список наиболее крупных новых акционеров вошли компании: Boostt B.V. Group (19,8%), Algebris Investments (22,1%), Idea Capital (9,3%), Sapfi Kapital Management GmbH (5,5%), Herald (4,9%), Greylock Partners (4,3%), Sherman Capital (4,1%), Rathbone (3,9%) и Kairos Partners (3,6%).

В настоящее время Telit находится в завершающей стадии перевода под свой контроль всей M2M-деятельности компании Motorola. По завершении этого процесса Telit незамедлительно возьмет на себя логистическую и техническую поддержку всех клиентов.

M2M-коммуникации являются одним из самых актуальных рыночных трендов. Объединение устройств (установление взаимосвязи между ними) позволяет создавать приложения принципиально нового уровня и открывает дополнительные возможности для бизнеса практически в любом секторе экономики. Интеллектуальные приложения повысят эффективность рабочих процессов и сделают повседневную жизнь более простой и удобной.

www.telit.com.

OLED-индикаторы компании WINSTAR

КИРИЛЛ ГУРКИН, менеджер по продукции, «Компэл»

В 2010 г. компания Winstar приступила к серийному выпуску нового поколения OLED-индикаторов с пассивной адресацией. До недавнего времени OLED были представлены на мировом рынке в основном графическими индикаторами, а в нише сегментных и символьных присутствовали лишь недолговечные PLED-дисплеи. Новые OLED-дисплеи Winstar обладают повышенным временем жизни — 50 тыс. ч. (100 тыс. ч обеспечивает собственно материал OLED). В 2008 г. Winstar запустила технологическую линию OLED с пассивной адресацией для производства малоформатных OLED-модулей. Линейка символьных и графических модулей OLED этой компании обладает уникальными функциональными характеристиками. Новые индикаторы ориентированы на индустриальный рынок с гарантированным сроком производства в течение нескольких лет.

Компания Winstar Display Co., Ltd. (www.winstar.com.tw) была образована в октябре 1998 г. Как и большинство других тайванских компаний, начавших в то время производство модулей ЖКИ, Winstar использовала технологию и бывшее в употреблении оборудование японских производителей ЖК-индикаторов (ЖКИ). С тех пор компания стремительно развивалась. В 2000 г. был построен крупный производственный комплекс в Китае, а в 2005 г. состоялся запуск производства стандартных алфавитно-цифровых ЖКИ.

За короткое время были освоены технологии TN/HTN/STN/FSTN. По специальным заказам изготавливаются ЖКИ с высоким контрастом и малым потреблением. Как профессиональный производитель ЖКИ Winstar специализируется на производстве индикаторов по технологиям Chip-on-Board (COB), Surface Mount Technology (SMT), Chip-on-Glass (COG) и Tape-Automated-Bonding (TAB).

Для производства малоформатных ЖКИ используется недорогая технология 1G с материнскими стеклянными подложками размером 355×406 мм. Толщина стеклянных подложек: 0,4; 0,55; 0,7; 1,1 мм.

Компания Winstar непрерывно расширяет производство индикаторов, осваивая новые дисплейные технологии и расширяя производство (см. табл. 1).

В 2006 г. компания запустила линию производства TFT ЖК-дисплеев. А в 2008 г. был завершен монтаж оборудования для собственного производства OLED-дисплеев.

В 2009 г. была освоена технология серийного производства символьных дисплеев E-paper.

И, наконец, в 2010 г. компания осуществила расширение новой фабрики Vanstar по производству ЖК-диплеев в Донггуанге (Китай), а также начала серийное производство OLED с пассивной адресацией.

В настоящее время в компании работает около 2000 человек, из них в тайваньском отделении — только 150, остальные работают в Китае.

Winstar — молодая и развивающаяся компания. За последние 10 лет ее объем производства вырос более чем в 10 раз. На рисунке 1 показана динамика объемов продаж Winstar.

Продукция Winstar находит широкий спрос не только на Тайване и в Китае, но и в странах Азии, Европы и Америки. На рисунке 2 показаны распределение секторов продаж дисплейной продукции Winstar по странам мира.

ИСТОРИЯ ВЫПУСКА СИМВОЛЬНО-ГРАФИЧЕСКИХ ДИСПЛЕЕВ PLED

Компания Winstar уже имела в прошлом опыт серийного выпуска символьных и графических индикаторов на основе PLED-технологии. В ней используется полимерный органический материал, который значительно дешевле материала молекулярных OLED. Основное достоинство PLED-технологии — простота и дешевизна техпроцесса. Для нанесения полимерного материала можно использовать безвакуумные процессы, в частности, струйную печать. Технология PLED была освоена тайваньской компанией RiTdisplay в 2002 г. Компания начала производить графические PLED-индикаторы с пассивной адресацией, используя сборочные технологии TAB и COF. Для расширения рынка дисплейной продукции была проведена разработка символьно-графических PLED-индикаторов, совместимых по интерфейсу и конструкции со стандартными символьными ЖК-модулями. Сборка индикаторов

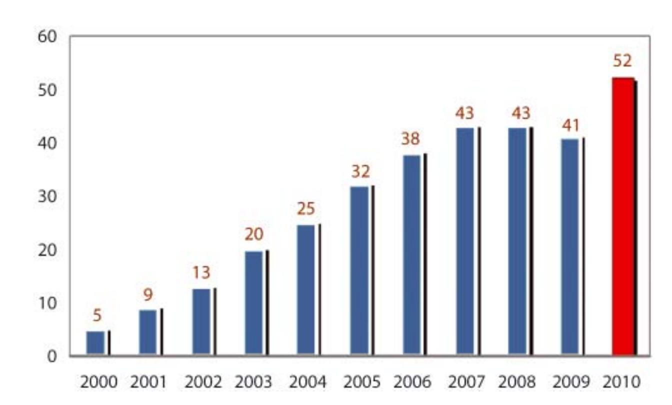


Рис. 1. ***Динамика объемов продаж дисплеев Winstar***



Рис. 2. ***Секторы продаж продукции Winstar***

Таблица 1. ***Производительность линеек Winstar по различным технологиям***

Продукция	Средняя производительность технологических линеек, тыс. шт./мес.
ЖК-модули	1200
ЖК-панели	60 (14- и 16-дюймовые)
OLED-модули	300
TFT ЖК-дисплеи	200
E-paper	100





*Рис. 3. **OLED-дисплеи графические** (слева) **и символьно-графические** (справа)*

по технологии COB была организована на линиях Winstar и Bolymin. Подложки с PLED-топологией им поставляла компания Ritek.

Предполагалось, что срок жизни индикаторов будет по мере выпуска доведен до нескольких десятков тысяч часов. Однако наблюдались массовые катастрофические отказы в партиях проданных индикаторов и значительно более быстрая деградация яркости, чем было заявлено производителем. Ritek приняла решение остановить производство PLED-дисплеев. Соответственно, прекратились и поставки подложек для компаний Winstar и Bolymin. С 1-го декабря 2006 г. Winstar приостановила производство PLED-индикаторов. Подобное решение приняли и другие производители PLED-индикаторов.

ТЕХНОЛОГИЯ OLED-ДИСПЛЕЕВ С ПАССИВНОЙ АДРЕСАЦИЕЙ

Как уже отмечалось, OLED-технология на базе молекулярного органического материала более дорогая, и в ней требуется применение вакуумного оборудования для нанесения активного слоя. Однако в настоящее время данный уровень технологии достаточно хорошо освоен многими компаниями и обеспечивает долговечность монохромных дисплеев на уровне несколько десятков тысяч часов, что является вполне приемлемым для большинства приложений.

Winstar является первой компанией, организовавшей выпуск алфавитно-цифровых OLED-модулей, полностью совместимых как по интерфейсу, так и по конструкции с аналогичными ЖК-модулями. OLED-дисплеи Winstar могут управляться как по 8-, так и по 4-битной параллельной шине. Конструкция и расположение выводов разъема позволяет заменить традиционные ЖКИ без изменения конструкции готового изделия. Дисплеи не требуют напряжения смещения и регулировки контрастности. Графические малоформатные модули Winstar имеют тот же интерфейс, что и символьные OLED-модули (см. рис. 3).

Температурный диапазон OLED находится в пределах –40...75°C. В отличие от ЖК индикаторов, контрастность OLED выше на несколько порядков — 2000:1 вместо 5—10:1 для ЖКД, изготовленных по стандартным технологиям. Время отклика OLED не увеличивается при низких температурах, нет зависимости яркости дисплея от угла обзора.

ЦВЕТА OLED-ЭКРАНА

В 2010 г. Winstar освоила технологию с органическими материалами, обеспечивающими желтое и зеленое свечение. Дисплеи с этим типом материала имеют самую большую долговечность. В течение 2011 г. должна завершиться отработка серийной технологии для OLED-модулей с голубым, оранжевым, красным и белым свечением (см. рис. 4).

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ OLED-МОДУЛЕЙ WINSTAR

В то время когда компания Winstar выпускала алфавитно-цифровые индикаторы по технологии PLED, для их маркировки использовался суффикс P: например, WP1602A.

OLED-дисплеи работают в широком диапазоне напряжения питания: 3,0...5,3 В. Система команд полностью совместима с системой драйвера-контроллера ЖКИ компании Samsung KS0066 и тем более с микросхемой HD44780 Hitachi — родоначальницей стандарта для интерфейса алфавитно-цифровых модулей на долгие годы. В модулях используется сборочная технологии COB.

Все OLED-индикаторы имеют две модификации питания драйвера — 5 и 3 В. Опции дисплеев с питанием 5 В ярче, чем опции 3,0 В. Соотношение яркостей примерно пропорционально отношению питаний. Энергопотребление зависит от отображаемого изображения, т.к. каждый пиксел является источником света и при типовой картинке составляет 150 мВт (5 В, 30 мА), что сопоставимо с потреблением ЖКИ-модулей с включенной подсветкой. Срок жизни дисплея составляет 50 тыс. ч (по прошествии этого времени яркость изображения не должна упасть более чем на 50%). Применение способов динамического формирования изображения и адаптивного регулирования яркостью может существенно увеличить срок жизни дисплея.

СТАНДАРТНЫЕ СИМВОЛЬНЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ OLED-МОДУЛИ WINSTAR С ПАССИВНОЙ АДРЕСАЦИЕЙ

Одним из главных новшеств Winstar является выпуск символьных и графических модулей, имеющих эквивалентные разрешения в пикселах и одинаковую площадь поля индикации, а также однотипный интерфейс. В настоящее время Winstar реализовала символьные OLED-модули формата 08×02, 12×02, 16×01, 16×02, 20×02 и 20×04 и эквивалентные им графические модули с разрешением 50×16, 76×16, 100×08, 100×16, 100×32 пикселов. В символьных дисплеях используются фиксированные знакоместа с межсимвольными зазорами. В графических дисплеях используется сплошное поле пикселей.

В таблице 3 представлена номенклатура стандартных символьных и графических OLED-модулей выпускаемых в настоящее время Winstar.

За исключением двух последних графических типов дисплеев формата 128×64 во всех остальных используется один и тот же тип контроллера-драйвера WS0010.

Эта серия алфавитно-цифровых OLED полностью совместима как по интерфейсу, так и по конструкции с выпускаемыми Winstar стандартными символьными STN ЖКИ-модулями. Все типы символьных OLED Winstar имеют встроенный знакогенератор, поддерживающий четыре типа символьных кодировок, в т.ч. кирилличную (English_Japanse font, Western European I , Western European II и English_Russian font). В стандартных символьных ЖКИ версия знакогенератора была заказной и отражалась в названии типа модуля.

*Таблица 2. **Система обозначений Winstar для заказа символьных и графических OLED-модулей***

W E G 010016 D L P P 5 N 00000
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪

1	Бренд: Winstar Display Corporation		
2	E: OLED		
3	Тип дисплея: H – символьный, G – графический		
4	Число точек (строк): 100×16		
5	Код серии		
6	**Цвет излучения**	A: янтарный	R: красный
		B: голубой	C: полноцветный
		G: зеленый	W: белый
		Y: желто-зеленый	L: желтый
7	**Поляризатор**	P: с поляризатором; N: без поляризатора	
8	**Режим адресации дисплея**	P: пассивная адресация; A: активная адресация	
9	**Напряжение питания**	3: 3,0 В; 5: 5,0 В	
10	**Опция сенсорной панели**	N: без сенсорной панели; T: с сенсорной панелью	
11	**Серийный номер**	0000: код заказа	

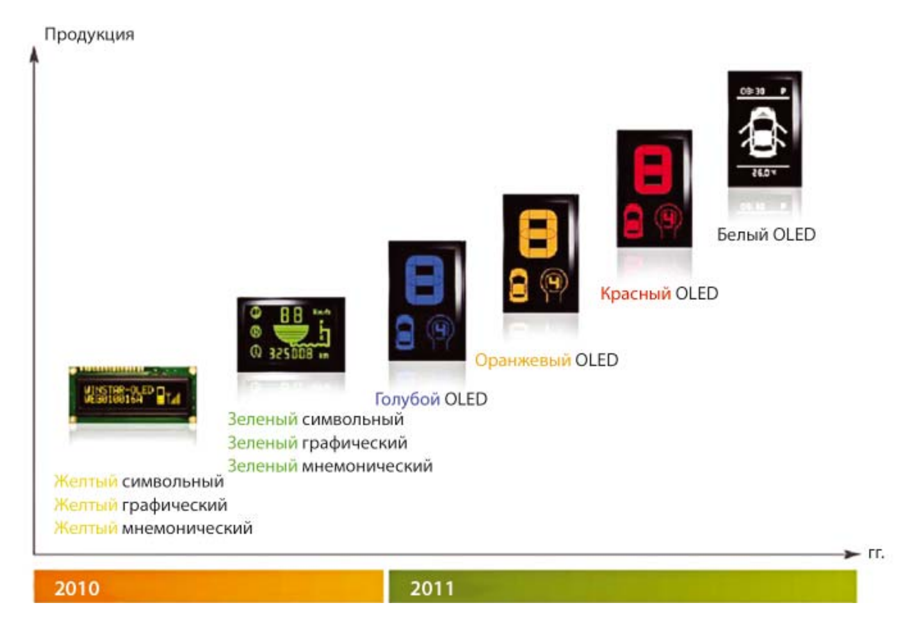


Рис. 4. ***График внедрения технологий OLED различного свечения***

СТРУКТУРА И СИСТЕМА КОМАНД КОНТРОЛЛЕРА WS0010

Winstar разработала для управления своими символьными OLED-модулями контроллер WS0010. Структура управления символьными OLED-модулями Winstar показана на рисунке 5.

Как уже указывалось, для обеспечения полной совместимости символьных и малоформатных графических OLED-моделей со стандартными модулями символьных ЖКИ в контроллере WS0010 была использована архитектура, интерфейс и система команд контроллера, задавшего стандарт для символьных ЖКИ, — HD44780 (Hitachi). При расширении формата дисплея более чем 100×16 используются дополнительные контроллеры WS0010. Микросхемы поддерживают режим каскадной работы.

Добавив несколько команд, разработчики Winstar решили несколько задач. Во-первых, значительно расширили функциональные возможности для пользователей. Во-вторых, улучшили технологичность производства и расширили номенклатуру модулей, используя всего один тип контроллера.

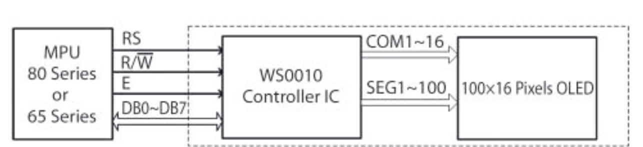


Рис. 5. ***Структура управления символьно-графическими OLED Winstar***

В таблице 4 показана стандартная система команд символьных ЖК-дисплеев, а также новые режимные разряды, введенные Winstar и реализованные в контроллере WS0010. Красным отмечены дополнительные поля в кодах команд.

Таблица 3. Символьные и графические OLED-модули Winstar

Формат строки или пиксели	ТИП	Модель	Размеры модуля (Ш×В), мм	Активная площадь, мм	Драйвер	Мультиплекс	Цвета				
							Y	G	R	B	W
08×02	Символ.	WEH000802A	58,0×32,0	28,1611,86	WS0010	1/16	Y	Y			
50×16	Графич.	WEG005016A	58,0×32,0	29,96×11,16	WS0010	1/16	Y	Y			
12×02	Символ.	WEH001202A	55,7×32,0	38,95×11,80	WS0010	1/16	Y	Y			
76×16	Графич.	WEG007616A	55,7×32,0	47,7×11,1	WS0010	1/16	Y	Y			
16×1	Символ.	WEH001601A	80,00×36,00	56,95×6,35	WS0010	1/8	Y	Y			
100×8	Графич.	WEG010008A	80,00×36,00	59,95×6,35	WS0010	1/8	Y	Y			
16×2	Символ.	WEH001602A	80,00×36,00	56,95×11,85	WS0010	1/16	Y	Y	Y	Y	Y
100×16	Графич.	WEG010016A	80,00×36,00	59,95×11,15	WS0010	1/16	Y	Y	Y	Y	Y
16×2	Символ.	WEH001602B	122,00×44,00	91,14×18,98	WS0010	1/16	Y	Y			
100×16	Графич.	WEG010016B	122,00×44,00	95,94×17,86	WS0010	1/16	Y	Y			
16×2	Символ.	WEH001602C	85,00×36,00	56,95×11,85	WS0010	1/16	Y	Y	Y	Y	Y
100×16	Графич.	WEG010016C	85,00×36,00	59,95×11,15	WS0010	1/16	Y	Y	Y	Y	Y
16×2	Символ.	WEH001602D	85,00×30,00	56,95×11,85	WS0010	1/16	Y	Y	Y	Y	Y
100×16	Графич.	WEG010016D	85,00×30,00	59,95×11,15	WS0010	1/16	Y	Y	Y	Y	Y
16×2	Символ.	WEH001602E	84,00×44,00	56,95×11,85	WS0010	1/16	Y	Y	Y	Y	Y
100×16	Графич.	WEG010016E	84,00×44,00	59,95×11,15	WS0010	1/16	Y	Y			
20×2	Символ.	WEH002002A	116,00×37,00	77,30×11,85	WS0010	1/16	Y	Y		Y	
100×16	Графич.	WEG010016F	116,00×37,00	64,95×11,15	WS0010	1/16	Y	Y		Y	
20×4	Символ.	WEH002004A	98,0×60,0	70,16×20,95	WS0010	1/16	Y	Y			
100×32	Графич.	WEG010032A	98,0×60,0	58,95×19,15	WS0010	1/16	Y	Y			
20×4	Символ.	WEH002004B	98,0×60,0	70,16×20,95	WS0010	1/16	Y	Y			
100×32	Графич.	WEG010032B	98,0×60,0	58,95×19,15	WS0010	1/16	Y	Y			
128×64	Графич . 2,7"	WEG012864C	82,7×40,2	61,41×30,69	SSD1325	1/64	Y	Y			
128×64	Графич. 2,7"	WEG012864D	73,00×41,86	61,41×30,69	SSD1325	1/64	Y	Y			

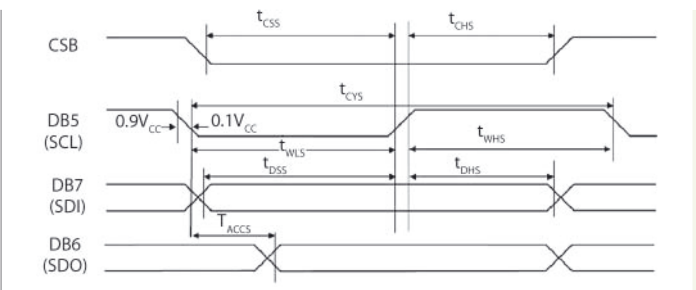


Рис. 6. ***Диаграмма последовательного SPI-интерфейса***

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В КОНТРОЛЛЕРЕ WS0010

Основное отличие архитектуры контроллера WS0010 — введение графического режима. Контроллер WS0010 обеспечивает управление полем пикселов формата 100×16. В зависимости от топологии индикатора (символьный или графический) это может быть либо поле, содержащее фиксированные знакоместа в формате 8×5, либо сплошное поле графики 100×16. Это позволило использовать контроллер для управления как символьными, так и малоформатными графическими дисплейными модулями. Ранее для управления малоформатными графическими ЖК-дисплеями использовались драйверы-контроллеры другого типа. Выбор символьного или графического режима производится программно. Дополнительный бит управления выбором режима (символьный/графический) введен в формат команды Cursor/Display Shift/Mode/Pwr из стандартного набора HD44780. G/C=”0” — символьный режим; G/C=”1” — графический режим. Изменилось и назначение битов управления в данной команде.

Разряд S/C=Display Shift/Cursor Move в зависимости от режима позволяет сдвигать или курсор, или экранное поле. S/C=«1»: сдвиг экрана, -S/C=«0»: сдвиг курсора. Бит PWR позволяет отключать внутренний DC/DC-преобразователь напряжения для питания формирователей тока OLED. PWR=”1”, DCDC включен. PWR=”0”, DCDC выключен. Это позволяет уменьшать энергопотребление модуля в спящих режимах прибора.

РАЗРЯДЫ FT1, FT0: ВЫБОР ТАБЛИЦЫ КОДИРОВКИ ЗНАКОГЕНЕРАТОРА

С помощью установки этих разрядов возможен выбор одной из следующих четырех таблиц кодировок знакогенератора:

(FT1, FT0) = (0, 0) — таблица ENGLISH_JAPANESE;
(FT1, FT0) = (0, 1) — таблица WESTERN EUROPEAN;
(FT1, FT0) = (1, 0) — таблица ENGLISH_RUSSIAN (Россия);
(FT1, FT0) = (1, 1) — таблица WESTERN EUROPEAN.

По умолчанию для разрядов FT1 и FT0 используется установка 00 и соответствующая кодовая таблица (ENGLISH_JAPANESE). Для выбора таблицы английский/кириллица следует подать команду с кодом 10.

SPI-ИНТЕРФЕЙС

Структура контроллера WS0010 обеспечивает также поддержку последовательного SPI-интерфейса.

Последовательный интерфейс для управления дисплеями очень востребован у разработчиков электронной аппаратуры. Его достоинства: меньшее число сигналов управления; упрощается соединение дисплей-контроллер за счет меньшего числа проводников; можно заказать модификацию любого типа индикатора с последовательным интерфейсом.

К сожалению, выбор интерфейса не может быть осуществлен без изменения монтажа элементов на плате. В символьных и графических OLED-модулях Winstar выбор режима последовательного интерфейса реализован посредством установки режимной перемычки на входе микросхемы контроллера.

Для перевода контроллера в последовательный режим следует переставить две перемычки (SMD-резисторы 0 Ом) на плате. Первая перемычка из положения L_CS должна быть переставлена в положение JCS, а вторая — из положения PS_H в L_PS. После этого контроллер будет работать в режиме SPI . Местоположение перемычек показано на плате шелкографией. Эти манипуляции выполняет производитель для заказных модификаций индикаторов с SPI-интерфейсом. Линии управления следующие:

1. 12 SCL.
2. 13 SDO.
3. 14 SDI.
4. 16 CS.

Остальные выводы управления на интерфейсном разъеме не используются, но подтягивать их к земле или питанию не требуется. На рисунке 6 показана диаграмма сигналов SPI-интерфейса.

Для облегчения программирования индикатора с SPI-интерфейсом Winstar предоставляет пользователям образец программного кода.

Таблица 4. ***Система команд контроллера WS0010***

Команда	Сигналы интерфейса										Описание
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
Сброс дисплея	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Полная очистка буфера дисплея с установкой курсора в начальную позицию
Курсор в начало	0	0	0	0	0	0	0	0	1	–	Устанавливает курсор в начальную позицию, отображение с нулевого адреса. Содержимое буфера не меняется
Режим ввода	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Устанавливает направление смещения курсора и разрешает сдвиг курсора или экрана
Режим отображения	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Управление отображением, курсором и режимом миганием **D** — вкл./выкл. развертки дисплея; **C** — установка курсора вкл./выкл.; **B** — режим мерцания курсора
Сдвиг курсора или экрана	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	0	0	Двигает курсор и сдвигает изображение без изменения состояния буфера
							G/S	PWR	1	1	Установка символьного/графического режима PWR — внутренний сброс питания выходных формирователей OLED
Функции	0	0	0	0	1	DL	N	F	FT1	FT2	Определение размера шины, число строк и тип знакогенератора
Установить адрес	0	0	0	1	C5	C4	C3	C2	C1	C0	Устанавливает адрес ОЗУ знакогенератора; C5-C0 – адрес знакогенератора
Установить адрес	0	0	1	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Устанавливает адрес ведеопамяти D6-D0 — адрес видеопамяти
Считать адрес	0	1	BF	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Чтение флага занятости. D6-D0 — адрес видеопамяти или знакогенератора
Запись данных	1	0	Данные записи								Запись данных в память видеобуфера (DDRAM) или знакогенератора (CGRAM)
Чтение данных	1	0	Данные чтения								Чтение данных из DDRAM или CGRAM



Символьные OLED-индикаторы

Яркие и контрастные OLED-индикаторы. Обеспечивают надежное отображение информации в экстремальных условиях. Стандартный интерфейс позволяет беспрепятственно заменять стандартные LCD на высококачественные OLED-индикаторы.

- **Рабочая температура от -40°C до +85°C**
- **Малое время отклика (2 мск)**
- **Высокая яркость, контрастность 2000:1**
- **Угол обзора до 178°**
- **Низкое энергопотребление**
- **Работают от 2,5 В**
- **Срок жизни – 50 тыс. часов**
- **Поддерживают графический режим**
- **Интерфейс, идентичный LCD**

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru



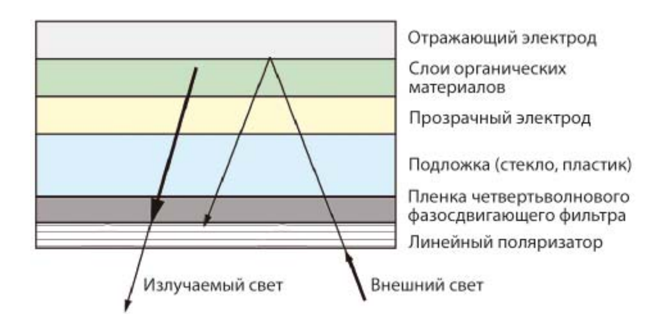


Рис. 7. ***Повышение внешнего контраста OLED за счет линейного поляризатора и четвертьволнового фазосдвигающего фильтра***

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА OLED-ИНДИКАТОРОВ

Несомненно, OLED-технология обеспечивает многие преимущества по сравнению с технологией ЖК-дисплеев с пассивной адресацией. Одним из них является отсутствие кросс-эффекта с паразитной подсветкой невыбранных пикселов. Поэтому яркость невыбранных пикселов на два-три порядка меньше яркости выбранных пикселов. Не возникают проблемы с углом обзора, поскольку не используется модуляция поляризованного света. Ресурс OLED-дисплеев Winstar для желтого и зеленого цветов составляет около 100 тыс. ч (более 11-ти лет непрерывной работы!)

ЯРКОСТЬ И КОНТРАСТ

Яркость дисплейных OLED-модулей Winstar очень высокая и составляет 500~2000 кд/м^2 в зависимости от цвета используемого органического материала. Контрастное отношение обычных STN ЖКИ составляет около 5:1 (для позитивного режима) и 10:1 (для негативного FSTN). А вот собственный контраст OLED-панелей с пассивной адресацией может превышать 2000:1. Даже без использования дополнительного верхнего поляризационного фильтра, улучшающего внешний контраст, OLED-панель имеет очень хороший контраст. Если же добавить поляризатор, то контраст станет еще выше и может достигать значений 10000:1.

БЫСТРОДЕЙСТВИЕ

Переход из темного состояния в состояние с высокой яркостью в OLED производится намного быстрее, чем в стандартных ЖК-дисплеях с пассивной адресацией (десятки и сотни мс) и составляет менее 10 мкс при 25°С. С изменением температуры этот параметр меняется очень незначительно и не влияет на качество изображения.

ШИРОКИЙ УГОЛ ОБЗОРА В 160°

Эмиссионная природа OLED-дисплея позволяет получать широкий угол обзора как по вертикали, так и по горизонтали — около 160°, обеспечивая комфортные условия наблюдения и считывания визуальной информации.

ШИРОКИЙ ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР

OLED-дисплеи обеспечивают работу при температурах –40...80°С. Следует заметить, что этот диапазон полностью совпадает и с температурным диапазоном хранения OLED-модулей. Нет сомнения, что этот диапазон значительно выше, чем расширенный температурный диапазон STN-дисплеев специального исполнения. Следует заметить, что температурный диапазон PLED-дисплеев уже (–20...50°С).

Быстродействие OLED-дисплея при понижении температуры до –20°С остается таким же, что и при температуре 25°С (10 мкс), а время переключения ЖК-дисплея STN увеличивается в 16 раз и доходит до 4 с.

ПОТРЕБЛЕНИЕ

Потребление OLED-модуля зависит от числа светящихся пикселей. В среднем потребление модуля составляет 10...30 мА. ЖКИ с подсветкой потребляет всегда, поскольку она не выключается даже при темном экране, на котором не отображается ни один символ. Например: символьный STN-модуль формата 16×02 с желто-зеленой светодиодной подсветкой потребляет от источника 5 В около 100~300 мА, а аналогичный OLED-модуль — всего 10~30 мА, обеспечивая при этом большую яркость и существенно больший контраст.

УЛУЧШЕНИЕ ВНЕШНЕГО КОНТРАСТА OLED С ПОМОЩЬЮ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ФИЛЬТРА

Поскольку собственно органический активный слой в основном прозрачен, большая часть любого внешнего светового излучения успешно проникает внутрь структуры OLED и, отразившись от противоэлектрода, смешивается с полезным эмиссионным излучением OLED. Очевидно, что в этом случае контраст дисплея уменьшается, а качество изображения ухудшается. Поляризаторы с круговой поляризацией используются для улучшения внешнего контраста любых светоэмиссионых дисплеев (электролюминесцентных, FED, светодиодных, ЭЛТ, OLED). Круговой поляризатор является комбинацией линейного поляризатора и четвертьволнового фазосдвигающего фильтра. Линейный поляризатор поглощает проходящий через него свет, который поляризован случайным образом за исключением света, который имеет поляризацию параллельную оси передачи. На рисунке 7 показана структура OLED-дисплея подобного типа.

Внешний свет проходит через поляризатор, затем — через фазосдвигающий фильтр. При этом сначала отсекается как минимум 50% проходящего внешнего света, после чего производится поворот плоскости поляризации на 45°. После отражения от противоэлектрода внешний свет снова проходит через фазосдвигающий фильтр, который «доворачивает» сдвиг вектора поля до 90°. Такое излучение полностью задерживается поляризационным фильтром. Использование поляризационного фильтра уменьшает яркость индикатора более чем вдвое, однако при этом достигается выигрыш в увеличении внешнего контраста. Это проявляется особенно заметно при работе в условиях высокой солнечной освещенности.

ЗАКАЗНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

Кроме линейки стандартных символьных и графических OLED-модулей Winstar предлагает клиентам разработку заказных символьно-мнемонических или графических OLED-модулей по требованиям заказчика за умеренную плату.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИМВОЛЬНЫХ И ГРАФИЧЕСКИХ МАТОВ OLED-ДИСПЛЕЕВ СТАНДАРТНЫХ ФОРМАТОВ

Используя алфавитно-цифровые OLED-индикаторы Winstar, можно с успехом обновить ЖК-индикаторы в дизайнах ранее разработанных приборов. Это позволит значительно поднять уровень эргономичности прибора и улучшить комфортность работы с прибором в различных условиях внешней освещенности и более широком температурном диапазоне.

При умеренной цене новые промышленный OLED-индикаторы — замечательная альтернатива ЖКД, особенно для низкотемпературных применений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *WINSTAR. OLED Application Note.*
2. *А.В. Самарин. Внешний контраст для OLED-дисплеев. Компоненты и технологии. №7. 2007 г.*
3. *Winstar OLED Specification WEG010016DLPP5N00000.*

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СЕТЕВЫЕ ПРОЦЕССОРЫ КОМПАНИИ CAVIUM NETWORKS

ВЛАДИМИР ЕГОРОВ, к.т.н., в.н.с., институт проблем информатики РАН

В статье представлены недорогие микроконтроллеры (МК) с сетевой поддержкой и высокопроизводительные интегрированные процессоры сетевых сервисов семейств Econa и Octeon компании Cavium Networks — одного из мировых лидеров в создании высокоинтегрированных систем на кристалле, ориентированных на широкий спектр интеллектуальных сетевых приложений.

В новом веке на рынок интегрированной сетевой микроэлектроники, где до этого безраздельно господствовали такие гиганты как Intel и Freescale Semiconductor, выходят молодые компании, нацеленные, быть может, на более узкий спектр приложений, но амбициозно претендующие на ведущие роли в своем спектре. В числе таких компаний не последнее место занимает Cavium Networks, поставляющая высокоинтегрированные многоядерные процессоры сетевых сервисов. Расположение в Кремниевой долине изначально предполагало ориентацию на самую современную микроэлектронную технологию, а близость к штаб-квартире MIPS Technologies в соседнем Саннивейле позволяет думать, что неслучайной была ставка на процессорные ядра архитектуры MIPS в основных продуктах фирмы. Cavium до сих остается верной этой архитектуре в своем самом мощном и представительном семействе интегрированных сетевых процессоров Octeon, но покупка в 2008 г. компании Star Semiconductor — производителя систем на базе архитектуры ARM, позволила диверсифицировать продукцию семейством более дешевых интегрированных МК Econa с ARM-ядрами.

СЕТЕВЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА ECONA

Семейство Econa составляют универсальные МК средней производительности. Семейство делится на три подсемейства, два из которых — CNS1xxx и CNS3xxx — снабжены несколькими фирменными, нетрадиционными для такого рода приборов, аппаратными блоками, придающими им выраженную сетевую направленность и обеспечивающими уникальные возможности в сетевых применениях. Сетевые подсемейства МК Econa ориентированы главным образом на применение в точках подключения к сетям абонентов уровня небольшого офиса SOHO (Small Office/Home Office), включая беспроводные сети.

Все модели подсемейства Econa CNS1xxx базируются на процессорном ядре ARM922, работающем на частотах до 250 МГц и снабженном кэшами инструкций и данных L1 объемом по 16 Кбайт. Все приборы подсемейства CNS1xxx имеют универсальные микроконтроллерные возможности:

– различные таймеры, в том числе, сторожевой (watch dog);

– контроллер динамической памяти DDR2 SDRAM;

– контроллер статической памяти SMC (Static Memory Controller);

– контроллер 32-разрядной шины PCI, работающей в режиме host на частоте до 66 МГц;

– интерфейс PCMCIA;

– контроллер USB 2.0 со встроенным трансивером, способный обслуживать в режиме host два устройства на скоростях low, full и high;

– адаптер UART.

Повышенная производительность в сетевых приложениях обеспечивается особой фирменной организацией внутренних шин и введением в состав МК специальных аппаратных блоков:

– одного-двух MAC-контроллеров Ethernet для скоростей 10/100 Мбит/с, а в некоторых моделях до 1 Гбит/с;

– встроенного неблокирующего механизма пакетной коммутации PSE (Packet Switch Engine) с фильтрацией пакетов и таблицей коммутации на 1 К адресов, работающего на скоростях до 1 Гбит/с;

– блока аппаратной трансляции сетевых адресов HNAT (Hardware Network Address Translation);

– механизма обработки пакетов PPE (Packet Processing Engine) с поддержкой протоколов IP, TCP и UDP;

– механизма проверки контекста CIE (Context Inspection Engine) на прикладном уровне.

Особенности отдельных моделей подсемейства CNS1xxx отражены в таблице 1.

Типичные применения МК подсемейства CNS1xxx: точки доступа в беспроводные сети, маршрутизаторы SOHO, в том числе со средствами сетевой защиты, и широкополосные шлюзы VDSL (Very-high data rate Digital Subscriber Line). На рисунке 1 показан пример реализации на МК CNS1102 маршрутизатора SOHO с поддержкой проводных и беспроводной сетей.

Более производительное подсемейство Econa CNS3xxx базируется на ядре ARM11 и включает всего две модели: одноядерную CNS3410 и двуядерную CNS3420. На рисунке 2 представлена упрощенная структура МК CNS3xxx (присутствующее только в двуядерной модели второе процессорное ядро показано пунктиром).

Основные характеристики МК подсемейства CNS3xxx:

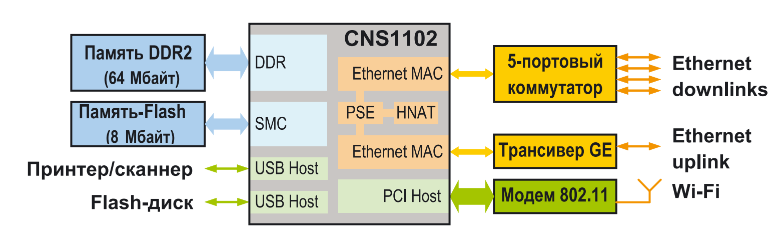


Рис. 1. **Маршрутизатор SOHO с WLAN на основе МК CNS1102**

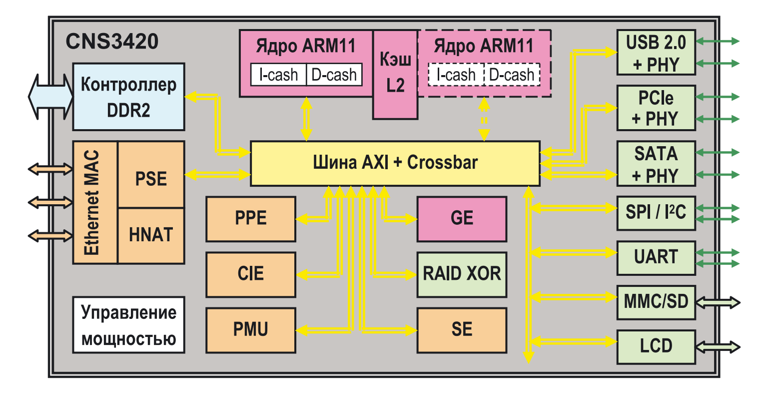


Рис. 2. **Структура МК CNS34xx**

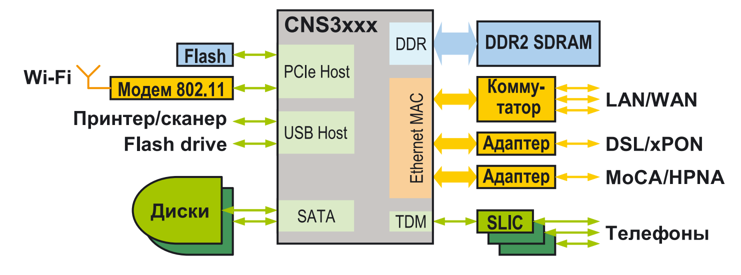


Рис. 3. **Резидентный шлюз и медиа-сервер на основе МК CNS3xxx**

– рабочие частоты ядер ARM11 — 300…600 МГц;
– объемы кэшей инструкций и данных L1 — по 32 Кбайта;
– объем кэша L2 (общего для обоих ядер) — 256 Кбайт;
– разрядность шины памяти DDR — 16/32 разряда;
– 2D графический сопроцессор GE (Graphic Engine);
– механизм подсчета контрольных сумм XOR для дисковых массивов RAID;
– 2 контроллера USB 2.0 с встроенными трансиверами (скорости low/full/high);
– 2 контроллера PCIe ×1 с встроенными трансиверами;
– 2 контроллера SATA с встроенными трансиверами;
– 4 адаптера SPI, адаптеры I²C и I²S с режимом TDM;
– адаптер flash-карт MMC / SD;
– встроенный адаптер UART;
– контроллер жидкокристаллического дисплея;
– потребляемая мощность не более 2,2 Вт со средствами энергосбережения;
– корпус — PBGA-484 (HSBGA-484 для расширенного диапазона температур).

Специфические сетевые возможности МК подсемейства:
– 3 MAC-контроллера Ethernet с интерфейсами 1×GMII/RGMII + 2×RGMII;
– встроенный пакетный коммутатор PSE с HNAT;
– механизм проверки контекста CIE;
– сопроцессор безопасности SE (Security Engine) с поддержкой IPSec и SSL;
– пакетный сопроцессор PPE для обработки пакетов уровней 2–4;
– поисковый блок PMU (Pattern Matching Unit).

Встроенные блоки PSE, HNAT, PPE и PMU обеспечивают подсемейству CNS3xxx суммарную пропускную способность (в том числе с коммутацией коротких IP-пакетов длиной 64 байта) не ниже 2 Гбит/с, а благодаря сопроцессору SE она удерживается на уровне 1,7 Гбит/с даже при задействовании протоколов безопасности IPSec и SSL. Наличие CIA позволяет эффективно реализовать разнообразные средства сетевой безопасности на прикладном уровне, такие как антивирусная защита и фильтры спама.

Старшее подсемейство МК Econa находит применение в тех же областях, что и младшее, если требуется повышенная производительность. Кроме того, оно расширяет сферы применения и уже используется в сетевых дисковых серверах NAS (Network Attached Storage), аудио- и видеошлюзах, устройствах сетевой информационной безопасности, нетбуках и смартбуках, а также многих других встраиваемых приложениях. Пример реализации резидентного шлюза и медиасервера на основе МК Econa CNS3xxx показан на рисунке 3.

МНОГОЯДЕРНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ СЕТЕВЫХ СЕРВИСОВ OCTEON

Процессоры сетевых сервисов семейства Octeon — «визитная карточка» компании Cavium — уже имеют свою историю: на смену первым процессорам под брендом Octeon пришли два следующих поколения приборов этого семейства: Octeon Plus и Octeon II. Процессоры семейства Octeon ориентированы на интеллектуальные сетевые приложения, предполагающие при реализации самых разнообразных сетевых сервисов суммарную пропускную способность до 40 Гбит/с. Интеллектуальность семейству обеспечивают 64 разрядные процессорные ядра с архитектурой MIPS64 release 2, а высокая производительность достигается как за счет очень большого числа таких ядер (до 32), так и за счет функционального разнообразия сопроцессоров и специализированных аппаратных блоков, реализующих типовые функции сетевых сервисов.

Процессоры семейства Octeon — приборы сверхвысокой интеграции, причем степень интеграции растет от поколения к поколению. Но и внутри каждого поколения Cavium предлагает несколько подсемейств приборов, функционально ориентированных на различные сетевые применения.

Представление о процессорах поколения Octeon Plus дают рисунки 4 и 5, на которых изображены обобщенные структуры процессоров двух старших подсемейств этого поколения CN57xx и CN58xx, отличающихся наборами сопроцессоров, аппаратных ускорителей и контроллеров ввода-вывода. Во всех моделях обоих подсемейств используются одни и те же процес-

Таблица 1. **Особенности моделей подсемейства Econa CNS1xxx**

Модель	Разрядность шины DDR	Интерфейсы MAC Ethernet	CIE	USB 2.0	PCI 2.2 Host	Корпус
CNS1102	16 / 32	2 × RGMII	–	–	2 устройства	BGA-304
CNS1104	16	2 × MII	–	2	–	LFBGA-257
CNS1105	16 / 32	2 × MII	–	2	1 устройство	BGA-304
CNS1105	16	1 × RGMII	–	2	2 устройства	PQFP-208
CNS1202	16 / 32	2 × RGMII	+	2	3 устройства	BGA-304
CNS1205	16	2 × MII	+	2	3 устройства	BGA-304

сорные ядра MIPS64 с рабочей частотой 600…800 МГц, число которых доходит до 12 в подсемействе CN57xx и до 16 в подсемействе CN58xx. Каждое ядро включает кэши L1 инструкций и данных, объемом 32 Кбайт и 16 Кбайт соответственно, механизм обработки пакетов PP (Packet Processing), буфер записи WB(Write Buffer) объемом 2 Кбайта и дополнительно, в некоторых моделях, блок безопасности и шифрования S/E (Security/Encryption). Все модели имеют общий кэш L2 объемом 2 Мбайта и контроллер памяти DDR2 с гипердоступом и вариантной внешней шиной 1×144 или 2×72 разряда.

Подсемейство CN57xx позиционируется как процессоры сервисов внешней памяти, рассчитанных на применение в высокопроизводительных контроллерах RAID-массивов и сетевых дисковых серверах.

Основные особенности подсемейства CN57x:

– аппаратные ускорители компрессии/декомпрессии C/D (Compression/Decompression) и дедупликации (De-dup) данных;

– аппаратная поддержка шифрования «налету» по алгоритмам XOR, AES и XTS (XOR-in-XOR with Text Stealing);

– 2 MAC-контроллера Ethernet, каждый из которых предоставляет либо 4 гигабитных порта с интерфейсами SGMII, либо один 10-гигабитный порт с интерфейсом XAUI;

– сопроцессоры сетевого ввода-вывода NIOP (Network I/O Processor) и TCP-пакетов;

– 32-канальный ускоритель поиска регулярных выражений RegEx (Regular Expressions);

– контроллеры PCIe Gen1 (до четырех портов ×4, частично конфликтующих с портами Ethernet), USB и Fast Ethernet (FE), контроллер flash-памяти начальной загрузки.

Модели подсемейства CN57xx помимо полной конфигурации SSP (Secure Storage Processor), включающей все функциональные блоки, показанные на рисунке 4, имеют усеченную конфигурацию SP (Storage Processor) без аппаратного блока шифрования S/E. Все приборы подсемейства, независимо от конфигурации, выпускаются в корпусе FCBGA-1217 и совместимы по выводам.

Подсемейство CN58xx в большей степени нацелено на разнообразные собственно сетевые применения с суммарной пропускной способностью до 10 Гбит/с. Эта нацеленность проявляется в специальных аппаратных блоках пакетной обработки: пакетных интерфейсах, пакетном вводе-выводе, сопроцессорах TCP, RegEx и C/D. Для ускорения табличного поиска дополнительно введен контроллер памяти RLDRAM2, непосредственно связанный с ускорителем RegEx. Блок шифрования дополнен поддержкой алгоритма Касуми. Все модели подсемейства CN58xx выпускаются в корпусах FCBGA-1521 и совместимы между собой по выводам, но могут иметь три функциональные конфигурации:

– процессор сетевых сервисов NSP (Network Services Processor) с полным набором аппаратных блоков, показанных на рисунке 5;

– экстрим-процессор EXP (Extreme Processor) без аппаратных средств шифрования;

– процессор безопасных коммуникаций SCP (Secure Communications Processor), не включающий сопроцессоры RegEx с контроллером RLDRAM2 и ускоритель C/D.

Прочие подсемейства Octeon Plus представляют собой усеченные варианты двух рассмотренных и выпускаются в более дешевых корпусах, но, по-прежнему, с сохранением совместимости по выводам внутри каждого подсемейства. Особенности подсемейств Octeon Plus отражены в таблице 2. Модели внутри подсемейств различаются в основном числом процессорных ядер.

Новейшее поколение Octeon II оснастилось второй версией процессорных ядер MIPS64 с рабочей частотой до 1,5 ГГц и объемами кэшей L1 инструкций и данных 37 Кбайт и 32 Кбайт соответственно. К реализуемым алгоритмам шифрования добавился SNOW 3G. Новая версия контроллера памяти DDR3 может работать на частотах до 800 МГц (1,6 Гбит/с на разряд). Улучшенные преобразователи SerDes поддерживают помимо XAUI стандарты PCIe Gen2 ×4 и SRIO 4× (Serial Rapid IO). Упрощенные структуры процессоров обоих подсемейств, CN66xx и CN68xx, показаны соответственно на рисунках 6 и 7.

Подсемейство Octeon II CN66xx, предлагаемое в качестве процессоров интернет-приложений, может также использоваться в маршрутизаторах уровня предприятия, базовых станциях 3G/4G, интеллигентных контроллерах и серверах сетевой дисковой памяти, а также в устройствах объединенной сетевой защиты UTM (Unified Threat Management), включающих брандмауэ-

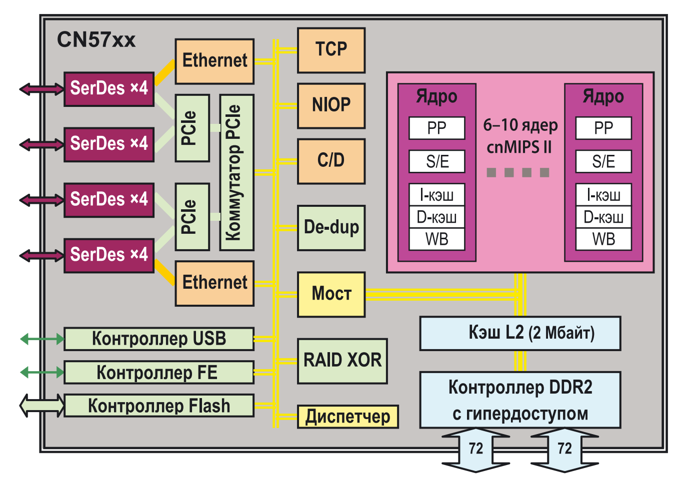


Рис. 4. **Обобщенная структура процессоров Octeon Plus CN57xx**

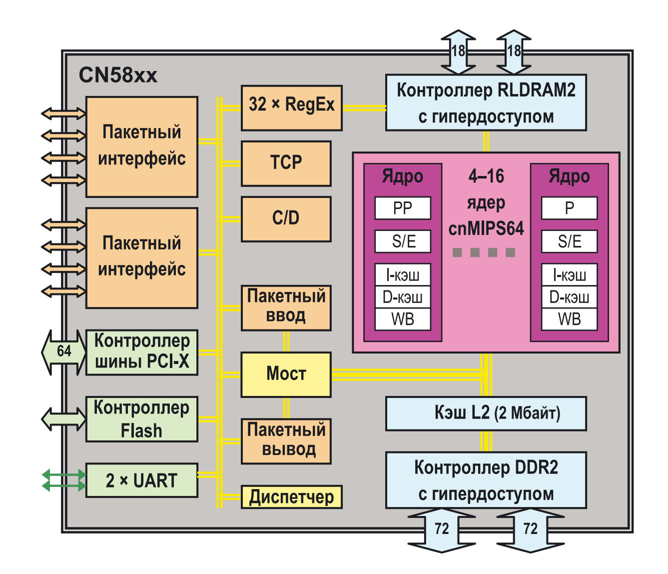


Рис. 5. **Обобщенная структура процессоров Octeon Plus CN58xx**

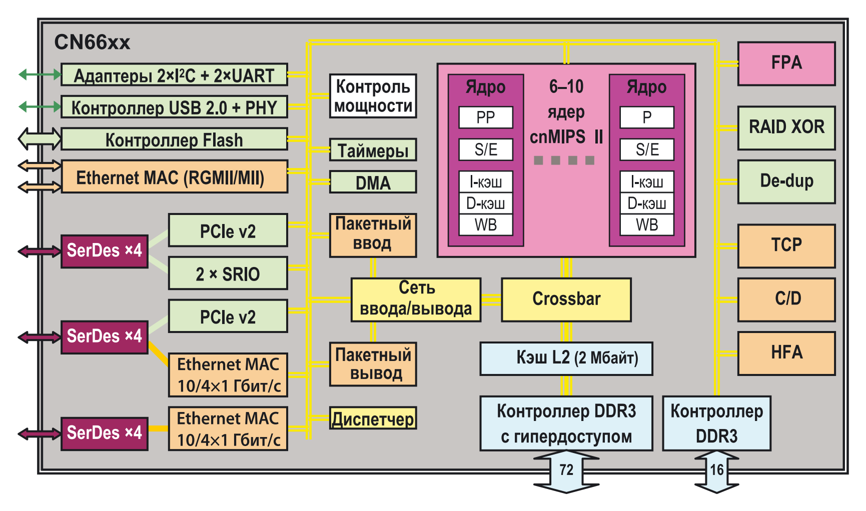


Рис. 6. **Упрощенная структура процессоров Octeon II CN66xx**

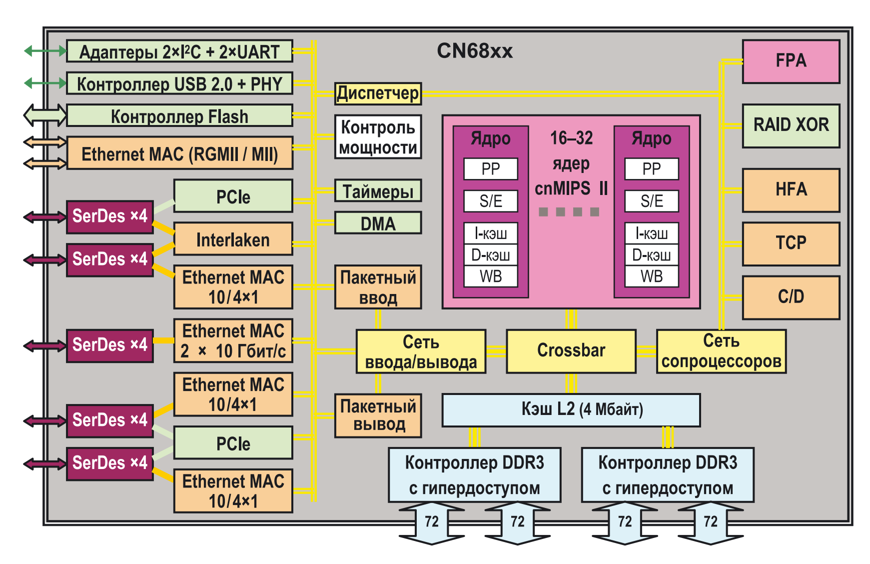


Рис. 7. **Упрощенная структура процессоров Octeon II CN68xx**

ры, поддержку VPN, средства против вирусов и спама. Разные модели подсемейства могут иметь до 10 процессорных ядер MIPS64 II и обеспечивают суммарную пропускную способность до 15 Гбит/с и более. Подсемейство сохранило вспомогательный контроллер памяти с 16 разрядной шиной, к которому имеют прямой доступ сопроцессоры и ускорители. Из вновь появившихся аппаратных блоков следует отметить тривиальный ускоритель пла-вающей запятой FPA, механизм гиперконечных автоматов HFA (Hyper Finite Automata) с пропускной способностью 15 Гбит/с, заменивший ускорители RegEx, и средства сбережения потребляемой мощности, которая в приборах подсемейства CN66xx варьируется в диапазоне 12…28 Вт. Приборы подсемейства выпускаются в корпусе FCBGA-900 и совместимы по выводам.

Основные сферы применения приборов подсемейства CN66xx: маршрутизаторы новых поколений, устройства сжатия данных и контроля контекста, коммутаторы и устройства сетевой безопасности беспроводных LAN. На рисунке 8 показан упрощенный пример реализации базовой станции WiMAX на процессоре подсемейства CN66xx.

У процессоров подсемейства Octeon II CN68xx максимальное число процессорных ядер достигает 32, а два полноразмерных контроллера памяти DDR3 с общей шириной внешней шины 288 разрядов поддержаны удвоенным объемом кэша L2. Это позволяет достичь суммарной пропускной способности до 40 Гбит/с. Следует отметить появление в подсемействе интерфейса Interlaken. Приборы подсемейства выпускаются в корпусе FCBGA-1936 и совместимы по выводам.

Основные сферы применения приборов подсемейства CN68xx: высокопроизводительные маршрутизаторы новых поколений, средства UTM, контроллеры безопасной сетевой дисковой памяти, устройства инфраструктуры беспроводных сетей, средства управления сетями WAN.

Поколение Octeon II отличается дополнительными возможностями повышения обрабатывающей способности устройств на их основе за счет объединения нескольких приборов, одного и того же или различных подсемейств, через служебные интерфейсы PCIe, SRIO и Interlaken. На рисунке 9 показан полученный в результате такого объединения коммутатор Ethernet с 6 портами 10 Гбит/с.

Прочие подсемейства процессоров Octeon II представляют собой усеченные и более дешевые конфигурации двух рассмотренных подсемейств, их основные отличия показаны в таблице 3. Модели внутри подсемейств различаются числом процессорных ядер.

Все процессоры поколения Octeon II могут поставляться в двух конфигурациях:

– AAP (Application Acceleration Processor) — с полным комплектом блоков, показанных на рисунках 6 или 7;

– CP (Communication Processor) — без блока S/E и сопроцессоров RAID, HFA, C/D.

Таблица 2. **Особенности подсемейств Octeon Plus**

Подсемейство	Шина DDR	Ядер	Кэш	Пакет	RegEx	C/D	De-dup	RAID	PCI	Корпус
CN58xx	144 разр.	4–16	2 M	PIO	+	+	–	–	–	FCBGA-1521
CN57xx	144 разр.	8–12	2 M	NIOP	–	+	+	+	2 PCIe ×4	FCBGA-1217
CN56xx	144 разр.	8–12	2 M	PIO	–	+	–	–	2 PCIe ×4	FCBGA-1217
CN55xx	72 разр.	4–6	1 M	PIO	–	+	+	+	2 PCIe ×4	FCBGA-1217
CN54xx	72 разр.	4–6	1 M	PIO	–	+	–	–	2 PCIe ×4	FCBGA-1217
CN52xx	72 разр.	2–4	512 K	PIO	–	–	+	+	PCIe ×4	HSBGA-729
CN50xx	36 разр.	1–2	128 K	PIO	–	–	+	+	PCI 32 р.	BGA-564

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКТОВ CAVIUM

Для оценки применимости и эффективности продуктов компании Cavium в своих разработках потенциальный потребитель может воспользоваться готовыми фирменными оценочными платами EVB (evaluation boards), которые имеются для всех подсемейств Econa и Octeon. Как правило, в таких платах устанавливаются самые мощные модели подсемейства, включающие все свойственные ему функциональные блоки. Для семейства Econa также доступны эталонные схемные решения (reference

schematics) и модели приборов, необходимые для быстрой и безошибочной разработки на основе этих МК.

Технические подробности и полную информацию о своих продуктах, особенно семейства Octeon, Cavium предоставляет только пользователям, заключившим с компанией специальное соглашение о неразглашении фирменных ноу-хау. Тем не менее, существуют специальные программы, в частности университетская и общедоступная CNUsers, благодаря которой любой потенциальный пользователь на специальном сайте www.cnusers.org может получить доступ к периодическим релизам компании и открытым версиям фирменных комплектов разработки программного обеспечения (ПО) SDK (Software Development Kit). Эти открытые версии отличаются от полных ограниченным набором функций, в частности, отсутствием поддержки компрессии и шифрования данных.

Комплект SDK для семейства Econa включает:

- ОС Linux 2.4/2.6;
- простейшую фирменную исполнительную систему реального времени RTE (real-time executive), ориентированную на задачи уровня data plane;
- драйверы и загрузчики;
- демонстрационные программы.

В полный комплект SDK для семейства Octeon входят:

- ОС Linux с поддержкой симметричной многопроцессорности (SMP Linux);
- RTE для несимметричной многопроцессорности;
- средства разработки GNU (GCC/GDB/DDD);
- инструменты оценки производительности Viewzilla, Perfzilla и Oprofile;
- оптимизированные Си-библиотеки для поддержки блоков S/E, RegEx, C/D.

Помимо SDK Cavium предлагает для своих изделий несколько фирменных наборов программных инструментальных средств (software toolkits) для:

- анализа стандартных протоколов;
- типовой реализации стека TCP/IP и протоколов безопасности IPSec и SSL;
- защиты от вредоносных программ (anti-malware);
- обнаружения и защиты от вторжений (intrusion detection/prevention).

Процессоры семейства Octeon непросты в применении. Множество процессорных ядер и нетривиальных специализированных аппаратных блоков, активно и по-разному взаимодействующих между собой, создают много проблем при разработке прикладного ПО. Особенно неприятно, что результаты и конечный успех сложной разработки трудно предсказуемы. Понимая это, Cavium предоставляет своим пользователям на выбор несколько платных сервисов разработки ПО. Начинающим заказчикам, не имеющим опыта работы с процессорами Octeon, по специальной программе DevelopmentPlus предоставляется возможность полной разработки пользовательского ПО специалистами компании. При этом персонал заказчика обучается до уровня, достаточного для дальнейшей поддержки и развития готового ПО. Для более продвинутых потребителей, которые рискуют вести разработку собственными силами, по программе PerformancePlus предусмотрены консультации и помощь специалистов Cavium в оптимизации пользовательского ПО. Наконец, для опытных клиентов имеется месячная программа ArchitecturePlus мониторинга разработки архитектуры пользовательского ПО специалистами Cavium.

Поддержка многоядерных процессоров Octeon Plus объявлена в широко распространенной и отлично зарекомендовавшей себя в сетевых применениях операционной системе реального времени QNX Neutrino. Эта операционная система обеспечивает оборудованию высокую готовность, поддерживает функции динамического обновления, локализации неисправностей глубокого уровня и быстрого восстановления при возникновении ошибок. В отношении семейства Octeon принципиально

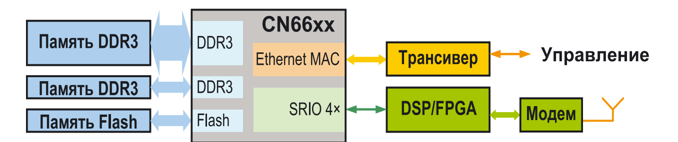


Рис. 8. **Базовая станция WiMAX на процессоре CN66xx**

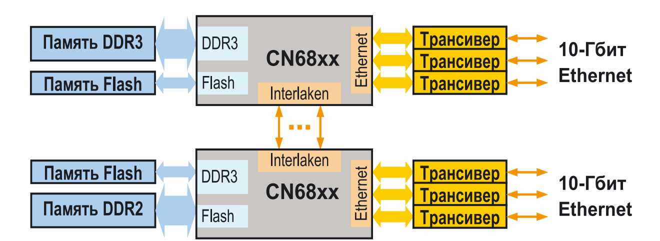


Рис. 9. **6-портовый коммутатор на двух приборах CN68xx**

Таблица 3. **Особенности подсемейств Octeon II**

Подсемейство	Шина DDR	Ядер	Кэш	Пакет	TCP	RAID	Interlaken	SerDes	Корпус
CN68xx	288 разр.	16—32	4 M	PIO v2	+	–	+	5 ×4	FCBGA-1936
CN67xx	144 разр.	8—16	4 M	PIO v2	+	–	+	5 ×4	FCBGA-1936
CN66xx	72 разр.	6—10	2 M	PIO	–	+	–	3 ×4	FCBGA-900
CN63xx	72 разр.	2—6	2 M	PIO	–	+	–	3 ×4	FCBGA-900
CN62xx	72 разр.	2—4	1 M	PIO	–	+	–	3 ×4	FCBGA-900
CN61xx	72 разр.	2—4	1 M	PIO	–	+	–	2 ×4	TEBGA-729
CN60xx	36 разр.	1—2	512 K	PIO	–	+	–	×3, ×4	TEBGA-729

появление в ней поддержки многопроцессорности, причем как симметричной, так и несимметричной. Масштабируемость QNX Neutrino позволяет в сетевых устройствах обрабатывать увеличивающийся трафик или расширяющийся спектр услуг без замены оборудования, что хорошо сочетается с совместимостью моделей разной производительности внутри подсемейств Octeon. Пакет поддержки QNX Neutrino для некоторых EVB Cavium с процессорами подсемейства Octeon Plus можно найти на портале сообщества QNX Foundry27: http://community.qnx.com/sf/wiki/do/viewPage/projects.bsp/wiki/CaviumCn57xxEvm. Ограниченную поддержку процессорам семейства Octeon предоставляет также операционная среда FreeBSD. Подробности можно найти на сайте: www.freebsd.org.

Потенциальным пользователям следует иметь в виду, что приборы семейства Octeon непросто найти на открытом рынке. Процессоры Octeon Plus ограниченно поставляются через дистрибьютора Phoenics Electronics по согласованным ценам, а приборы Octeon II, похоже, еще не поступали в продажу. Дополнительная информация об МК Econa, процессорах Octeon и других продуктах Cavium доступна на сайте компании: www.caviumnetworks.com.

ARM ПРОТИВ INTEL: УСПЕШНАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ RISC ИЛИ ВЫГОДА ДЛЯ CISC?

БРАЙАН ДАЙПЕРТ (BRIAN DIPERT), старший технический редактор, EDN

Корпорация ARM и владельцы лицензии на ее продукты намерены расширить присутствие на рынке и занять ниши, традиционно занимаемые процессорами Intel x86. В ответ Intel решила потеснить корпорацию ARM в сегменте рынка электронных устройств.

Корпорации ARM и Intel окончательно вступили в открытую конкуренцию. Первая активно продвигает технологию RISC, в то время как Intel делает упор на процессоры с набором команд CISC. Еще три года назад, когда Intel представляла свой первый процессор семейства Atom, компания ясно дала понять, что нацелена не только на настольные компьютеры среднего уровня и ноутбуки, но и на портативные устройства, в которых исторически пальма первенства принадлежит ARM. В ответ ARM представила ядро Cortex-A15, область применения которого распространяется на серверы — сегмент, который делят Intel и AMD. В то же время корпорация Microsoft объявила, что готовящаяся к выпуску Windows 8 будет поддерживать оба набора команд.

ARM

Прежде чем оценивать шансы ARM на успех в тех областях, где первенство пока принадлежит x86, необходимо познакомиться с бизнес-моделью корпорации и ее продукцией. С экономической точки зрения положение ARM, как обладателя интеллектуальной собственности, во многом зависит от благосостояния компаний, использующих ядра ARM в своих устройствах. Корпорация предлагает два вида лицензии: стандартную и лицензию на архитектуру. Стандартная лицензия дает право использовать готовые процессоры ARM в СнК других компаний. Это самый быстрый способ вывода устройств на рынок, однако СнК различных компаний будут мало отличаться друг от друга.

Лицензия на архитектуру или набор команд позволяет сторонним компаниям создавать уникальные устройства. Она есть у Intel, Marvell, Microsoft, Nvidia и Qualcomm. Для стандартного лицензирования доступно несколько ядер семейства Cortex-A. Ядро Cortex-A8 построено на основе Cortex-A5, которое большинство компаний пропустили при переходе с ARM11. Ядро Cortex-A8 обеспечивает поддержку попарно запускаемых суперскалярных инструкций и имеет более глубокий конвейер в каждом ядре, содержащий 13 уровней вместо 8. Блок вычислений с плавающей запятой в отличие от ARM11 является обязательным. Кроме того, для Cortex-A8 требуется 64-разрядный SIMD-вычислитель Neon.

В Cortex-A9 разработчик сам решает, реализовывать ли Neon и блок операций с плавающей запятой. Оба они не являются обязательными. Конвейер стал 9-ступенчатым, а производительность процессора по-прежнему превышает 1 ГГц благодаря переходу на новые технологические нормы. Ограничения, которыми связано большинство обладателей лицензии, не мешают вводить новые возможности. Вспомним технологию Fast14, которую приобрела Samsung у Intrinsity для использования в СнК Hummingbird. После поглощения Intrinsity Apple также стала применять ее в своих процессорах A4. Технология Fast14 позволяет заметно увеличить тактовую частоту, сохраняя прежние нормы литографии. Компания Qualcomm пошла по другому пути и разработала совместимую с ARM7 архитектуру Scorpion, которая изготавливалась сначала по нормам 65 нм, а теперь — по 45 нм. В середине 2010 г. процессоры Scorpion стали двуядерными. По функционалу ядра MSM8260 и MSM8660 являются промежуточным звеном между Cortex-A8 и Cortex-A9. Кристалл Scorpion содержит блок выполнения операций с плавающей запятой и ядро Neon.

В англоязычной литературе выделяют два типа процессоров — application и baseband. Разница между ними становится все более размытой, и они уступают место однокристальным решениям. Первые предназначены для выполнения приложений пользователя, основной упор в них сделан на мультимедиа. Процессоры этого типа поддерживают сложные операционные системы, виртуальные машины, в т.ч. Java, и имеют повышенную защиту. Второй тип процессоров ориентирован больше на беспроводную передачу данных и поддерживает большой набор протоколов передачи данных и голоса.

NVIDIA — СТАВКА НА МУЛЬТИМЕДИА

Компания Nvidia стала обладательницей лицензии на ARM после нескольких приобретений: компании MediaQ в 2003 г. и PortalPlayer в 2006 г. Первая СнК Nvidia, Tegra, содержала процессор ARM11. Она не получила широкого применения, хотя и легла в основу мультимедийного плеера Zune HD (Microsoft) и сотовых телефонов Kin. Через год репутация Nvidia была несколько подпорчена из-за того, что компания не успела подготовить к выпуску анонсированные устройства на основе Tegra 2.

Nvidia первой выпустила устройства на основе двуядерного процессора Cortex-A9. Именно они были использованы Google при разработке третьей версии ОС Android Honeycomb для ноутбуков. Некоторые передовые смартфоны, которые появились в начале года, также использовали возможности процессоров Nvidia, хотя из-за того, что они не поддерживают видеоформат 1080p H.264 производители вскоре перешли на модели конкурентов: Boxee выбрала Intel Atom CE4100 для своих телевизионных приставок, а LG для своих смартфонов использовала Omap-4 производства Texas Instruments.

Процессор Tegra 2 выпускается в двух вариантах: T20 и AP20. Оба процессора работают на частоте 1 ГГц, но графический модуль в T20 имеет тактовую частоту 333 МГц, а AP20 — 300 МГц. В T20 используется память DDR2, а в AP20 — DDR2 SDRAM. В обоих процессорах управление СнК осуществляется в ядре ARM7.

Недавно вышел процессор Tegra 3 под кодовым названием Kal-El, который поддерживает видео с разрешением 2560×1600 пикселов. В его основе — ядро Cortex-A9 с тактовой частотой

1,5 ГГц. В отличие от Tegra 2 Kal-El содержит векторный SIMD-блок обработки операций с плавающей запятой. Как и в Tegra 2, в нем используется кэш-память L2 объемом 1 Мбайт. Графический процессор содержит 12 ядер.

Процессор Tegra 3 обгоняет своего предшественника по скорости в 5 раз при таком же расходе энергии, хотя в некоторых случаях он потребляет даже меньше, что зависит от нагрузки. Как ожидается, ноутбуки, оснащенные Kal-El, появятся уже к августу. К 2014 г. компания планирует выпустить процессоры с производительностью в 100 раз выше, чем у Tegra 2 (см. рис. 1).

TEXAS INSTRUMENTS

Один из старейших сторонников ARM — компания Texas Instruments. Она выпускает СнК с процессором ARM и графическим ядром PowerVR от Imagination Technology, иногда добавляя логические блоки собственной разработки или сигнальные процессоры. Массовый выпуск первой модели семейства OMAP-4, OMAP-4430, уже начат. Эта СнК легла в основу таких устройств как Optimus 3D (LG), первый ноутбук от RIM, планшет BlackBerry. Процессор OMAP-4430 содержит два ядра Cortex-A9 с общим модулем кэш-памяти второго уровня объемом 1 Мбайт. Особенностью является графическое ядро PowerVR SGX 540 с тактовой частотой 300 МГц — это почти на 50% быстрее, чем в СнК конкурентов. Обращение к системной памяти происходит по двум 32-разрядным шинам LPDDDR2, работающим на частоте 400 МГц. В каждом ядре имеется векторный SIMD-блок обработки операций с плавающей запятой.

В декабре TI анонсировала следующую модель OMAP 4440, изготавливае-

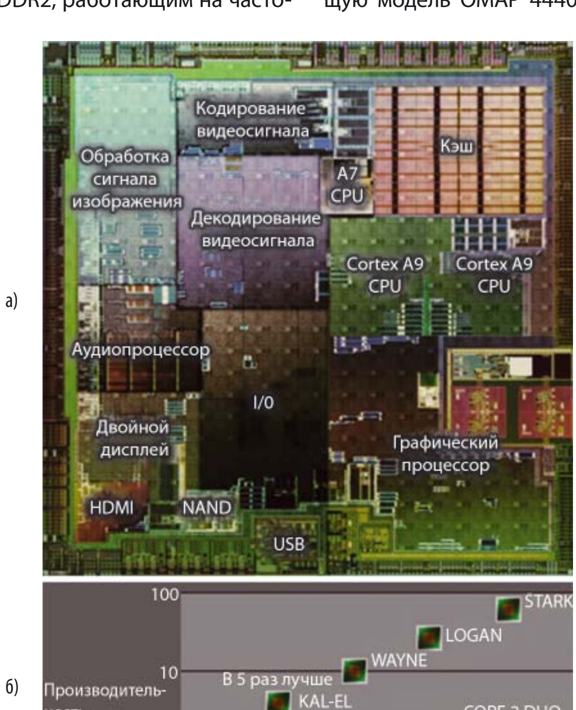


Рис. 1. **Структура Tegra 2** (а) **и планы Nvidia по выпуску процессоров** (б)

мую, как и OMAP 4430, по технологическим нормам 45 нм. Пробные образцы данного процессора уже доступны для заказа. Кристалл содержит процессор Cortex-A9 с тактовой частотой 1,5 ГГц. Его производительность на 25% выше, чем у предшественника. Остальные характеристики OMAP 4440: обработка 60 кадров/с, поддержка разрешения видеокадра до 1080р, видеовыход HDMI 1.4, стереоскопический 3D-дисплей, пользовательский интерфейс на основе жестов.

Компания в дальнейшем планирует включить в свои устройства поддержку архитектуры Cortex-A15, хотя пока ее характеристики не обнародованы. Известно лишь, что она поддерживает расширенную адресацию и аппаратную виртуализацию. Процессоры с ядром Cortex-A15 будут изготавливаться по технологическим нормам 28 нм и выйдут под маркой OMAP 5. Первые модели будут содержать два ядра с частотой 2 ГГц. Для обработки графики будет использован модуль PowerVR SGX 544 Imagination Technologies. Его тактовая частота и количество ядер остаются пока закрытой информацией.

На кристалле OMAP 5 будут размещены функциональные блоки для обработки видео, изображения и машинного зрения, а также ИС сигнальной обработки, отображения и схемы безопасности. Кроме того, процессор содержит два ядра Cortex-M4 для работы в режиме реального времени. Объем кэш-памяти увеличен до 2 Мбайт.

Готовятся к выпуску две модели: OMAP 5430 размером 14×14 мм (POP — корпус на корпусе) с поддержкой модуля памяти LPDDR2 и OMAP 5432 в корпусе BGA 17×17 мм с поддержкой более быстрого интерфейса DDR3/DDR3L SDRAM. Основной областью применения OMAP 5430 являются смартфоны, а для OMAP 5432 — ноутбуки и планшеты.

APPLE И SAMSUNG

Компания Apple помимо широко известных конечных продуктов долгое время занималась разработкой и выпуском собственных ИС для MAC-компьютеров 68k и Power-PC. После перехода на микропроцессоры Intel компания попутно передала разработку ядер и логических схем своему новому партнеру. Сейчас Apple переориентировалась на архитектуру ARM, которая легла в основу iPad, iPhone, iPod touch и Apple TV второго поколения. Возможно, руководство Apple посчитало внутреннюю разработку ИС экономически более выгодной для массовых продуктов. Так или иначе, компания приобрела PA Semi и Intrinsity, что стало дополнительным стимулом для разработки кристалла A4. В настоящее время эта СнК используется в iPhone 4, iPad 1G, iPod touch 4G и Apple TV 2G. Процессоры A4 содержат ядро Cortex-A8 и графический обработчик PowerVR SGX 535, а также 640 Кбайт кэш-памяти второго уровня.

В предыдущих версиях iPhone и iPod touch использовались ARM-процессоры Samsung. Интересно, что с переходом на A4 Apple не прекратила сотрудничества с этой компанией. Процессоры A4 выпускаются на заводах Samsung с использованием схем памяти DRAM производства Samsung.

Samsung выпускает и собственные процессоры S5PC110A01 Hummingbird, которые по характеристикам совпадают с A4 за исключением объема кэш-памяти (512 Кбайт) и графического ядра (Samsung использует SGX540).

Недавно Apple анонсировала процессор A5 для iPad2. Пока об этом процессоре известно мало, только то, что он двуядерный и работает на тактовой частоте 1 ГГц. Графический обработчик превосходит по производительности PowerVR SGX 535 в 9 раз.

QUALCOMM

Микроархитектура Scorpion компании Qualcomm используется уже несколько поколений. Однако с появлением многоядерных процессоров Cortex-A9 подобные архитектуры стали терять свою привлекательность.

В связи с этим Qualcomm представила кристалл Krait, поддерживающий набор инструкций ARM Version 7. Процессор изготовлен по технологии 28 нм и имеет тактовую частоту 2,5 ГГц. Процессор выпускается в трех модификациях. Первым будет выпущен MSM8960 с двуядерным процессором с асинхронным и независимым управлением. Процессор содержит Adreno 225, производительность которого в восемь раз превышает производительность Adreno.

Следующие модели намечены к выпуску в 2012 г. Это одноядерный MSM8930 с Adreno 305 и четырехъядерный APQ8064 со встроенным графическим четырехъядерным процессором Adreno 320. Первый превосходит по производительности Adreno в шесть раз, второй — в 15. Все три процессора оснащены модулями Wi-Fi, GPS, Bluetooth, приемником FM-сигнала, блоком захвата видео, воспроизведения, модемами сотового сигнала стандарта 3G или 3G и LTE, а также поддерживают NFC (связь ближнего поля) и автостереоскопические дисплеи со статическим изображением.

MARVELL

Компания Marvell получила лицензию на ARM после поглощения Asica в 2003 г. Еще через три года она приобрела подразделение Xscale Intel. Процессоры Armada содержат ядро Sheeva PJ1, совместимое с ARM 5, или Sheeva PJ4, совместимое с ARM 6 и ARM 7. До сих пор Marvell не имела большого успеха на рынке компьютерных приложений и коммуникационных устройств. Она стала ключевым поставщиком для RIM, и это ее, пожалуй, единственное крупное достижение.

В прошлом году Marvell представила новый процессор Armada 628, содержащий три ядра Sheeva PJ4 класса Cortex-A9. Два ядра имеют тактовую частоту 1,5 ГГц, а третье — 624 МГц. Графический процессор обрабатывает 200 млн треугольников в секунду.

Спустя два месяца был продемонстрирован четырехъядерный кристалл на основе Sheeva PJ4 для применения в серверах. Тактовая частота СнК равна 1,6 ГГц, объем кэш-памяти 2 Мбайт. Для рынка потребительских устройств компания совсем недавно выпустила кристалл PXA978 1,2 ГГц, предназначенный для сотовых телефонов. Процессор содержит модемы 3G UMTS и TD-SCDMA с поддержкой HSPA.

INTEL

Растущее распространение процессоров ARM, длинный список компаний, обладающих лицензией на их использование, а также отсутствие поддержки набора инструкций x86 в Windows 8, — все эти факторы могут создать впечатление, что Intel теряет позиции на рынке компьютерной техники. Однако Intel обладает обширнейшими ресурсами для производства полупроводниковых устройств, в т.ч. на современнейшем технологическом уровне, который недоступен многим небольшим компаниям. Так, в прошлом сентябре были озвучены планы по выпуску кристаллов на основе Atom по технологическим нормам 15 нм и ниже. Корпорация имеет также развитую сеть заводов.

Первые модели Atom изготавливались по технологии 45 нм, сейчас освоен уровень 32 нм. Процессоры используются в чипсетах Medfield для сотовых телефонов и Oak Trail для ноутбуков. Первые телефоны, оснащенные Medfield, выйдут уже в текущем году.

Само понятие совместимости наборов инструкций теряет свое значение по мере перехода на файловые форматы, не требующие драйверов, а также независимые ОС, которые распознают эти форматы. Кроме того, все чаще приложения хранятся в «облаках», а не на персональном компьютере. Тем не менее, для программистов, работающих с x86, поддержка CISC-команд важна, поскольку она позволяет использовать фрагменты кода и средства разработки повторно — везде, где это возможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dipert B. ARM versus Intel: a successful stratagem for RISC or grist for CISC's tricks?// www.edn.com/article/517574-ARM_versus_Intel_a_successful_stratagem_for_RISC_or_grist_for_CISC_s_tricks_.php.

ВЫБОР МЕЖДУ МИКРОПРОЦЕССОРОМ И FPGA

ИГОРЬ МАКМУРОВ, технический консультант, «ИД Электроника»

Выбирая аппаратную основу для реализации проекта, разработчики обычно рассматривают два варианта: FPGA и микропроцессор. Однако не всегда вопрос ставится ребром — «или-или». Наиболее оптимальным решением может оказаться сочетание этих двух решений. Рассмотрим сильные и слабые стороны каждого устройства.

МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Темп развития микропроцессорных устройств в последние годы несколько замедлился и уже не подчиняется закону Мура. Причина этого заключается в том, что достигнут предел по плотности энерговыделения, который не позволяет поднять тактовую частоту выше 1,5...2 ГГц, поскольку чем быстрее работает процессор, тем сильнее он греется.

Появление многоядерных процессоров облегчило ситуацию. Однако с ростом количества ядер появляются другие проблемы. В частности, стал острее вопрос оптимального использования ресурсов при параллельных вычислениях, а также появилась необходимость разработки операционных систем и инструментов для автоматического разделения задачи на параллельные потоки.

Микропроцессоры удобно использовать в таких приложениях, где не требуется большого набора интерфейсов. Кроме того, они эффективны при выполнении вычислений с плавающей запятой. С увеличением количества ядер вопрос разделения задачи на параллельные становится все острее. Чем больше ядер, тем сложнее выполнять динамичные параллельные вычисления, поскольку не всегда удается эффективно распределять задачи между ядрами.

FPGA

Логическая емкость и производительность матриц FPGA в последние годы значительно возросли благодаря ряду факторов: переходу на более высокий технологический уровень, повышению степени интеграции на кристалле, появлению более быстрых последовательных интерфейсов и протоколов связи, использованию специализированных вычислительных ядер и усовершенствованных логических схем.

С развитием технологий FPGA нашли широкое применение во встраиваемых вычислительных системах военного и аэрокосмического назначения, для которых характерны жесткие ограничения по мощности потребления, размеру и весу элементов. Матрицы FPGA хорошо подходят для таких устройств как радиолокационные установки, системы радиотехнической разведки, системы обработки изображений, устройства обработки сигналов и т.д., т.е. они предназначены в первую очередь для тех устройств, в которых производится обработка сигналов и векторные или матричные вычисления. В таких приложениях главным критерием является не стоимость, а характеристики устройства, особенно его быстродействие.

Ввиду способности выполнять громоздкие параллельные вычисления матрицы FPGA стали широко использоваться в сложных приложениях. Работая на сравнительно невысоких тактовых частотах порядка сотен МГц, они могут производить десятки тысяч вычислений за один такт и при этом потреблять гораздо меньше энергии, чем микропроцессоры при такой же производительности. Если пересчитать производительность на ватт потребляемой мощности, то окажется, что матрицы превосходят микропроцессоры примерно в 50—100 раз.

Матрицы подходят не для любого проекта. Их ключевыми недостатками являются способность выполнять только периодические задачи, невозможность производить вычисления с плавающей запятой и сложность разработки программного кода. Остановимся на них более подробно.

Во-первых, FPGA подходят не для всех алгоритмов. Наиболее полно ресурсы матриц используются при выполнении таких задач, которые легко разделяются на параллельные или повторяющиеся подзадачи. Под это определение подпадают, например, алгоритмы сжатия данных по азимуту и дальности РЛС, формирование пучка или обработка изображения. В то же время для таких приложений как классификация цели или индикация подвижной цели матрицы не подходят. Это непредсказуемые и динамичные задачи, с которыми гораздо лучше справляются микропроцессоры.

Что касается работы с числами с плавающей запятой, то на FPGA теоретически можно реализовать подобного рода приложения, однако для этого потребуется неоправданно много логических элементов, что в конечном счете приведет к ограничению вычислительной плотности матрицы, сведя на нет все ее преимущества.

В-третьих, проектирование устройств на основе FPGA намного сложнее, чем на основе микропроцессора. Это связано с неразвитостью инструментов для написания программного кода. Хотя они постоянно совершенствуются, их отставание от развития самих матриц налицо. В итоге написание приложений для матриц требует гораздо больше времени и навыков разработчика, чем создание аналогичных приложений для процессора. Стоимость разработки может оказаться слишком высокой. Кроме того, при программировании микропроцессора используется более высокий уровень абстракции, чем при программировании FPGA.

На выбор аппаратной платформы для реализации проекта влияют и другие, менее значимые факторы. Это, в первую очередь, используемые интерфейсы. Если проектируемое устройство должно поддерживать нестандартные или устаревшие интерфейсы, которые не предусмотрены в современных процессорах, то лучше воспользоваться FPGA. Матрицы позволяют конфигурировать широкий набор стандартных или специализированных последовательных и параллельных (шинных) интерфейсов.

КОМПРОМИСС

Учитывая гибкость FPGA и преимущества микропроцессоров, разработчики все чаще используют гибридную платформу, содержащую оба типа устройств. В этом решении сочетаются разнообразие ресурсов FPGA и производительность микропроцессора общего назначения, гибкость конфигурирования портов ввода-вывода и поддержка многопотоковых приложений. В качестве примера рассмотрим CHAMP-FX3 компании Curtiss-Wright Controls Embedded Computing. Плата содержит две FPGA Virtex-6 производства Xilinx и двухъядерный микропроцессор MPC8640D компании Freescale (см. рис. 1).

Гибридные платформы наиболее хорошо подходят для таких систем,

в которых требуется связующее ПО и полный стек протоколов обмена данными, а также синхронизующие схемы.

Еще одно решение — встраивать вычислительное ядро в матрицу. Крупнейшие производители FPGA — Xilinx, Altera или Lattice Semiconductor — предлагают матрицы, содержащие синтезируемые на логических элементах или аппаратные процессорные блоки. Архитектура процессоров может быть любой: стандартной, заказной или собственной разработки. На гибридных платформах целесообразно строить автоматы и устройства, не требующие высокого быстродействия, например, для подключения к внешнему процессору или для обеспечения интерфейса пользователя. Кроме того, гибридные схемы могут использоваться в качестве альтернативы микроконтроллерным устройствам.

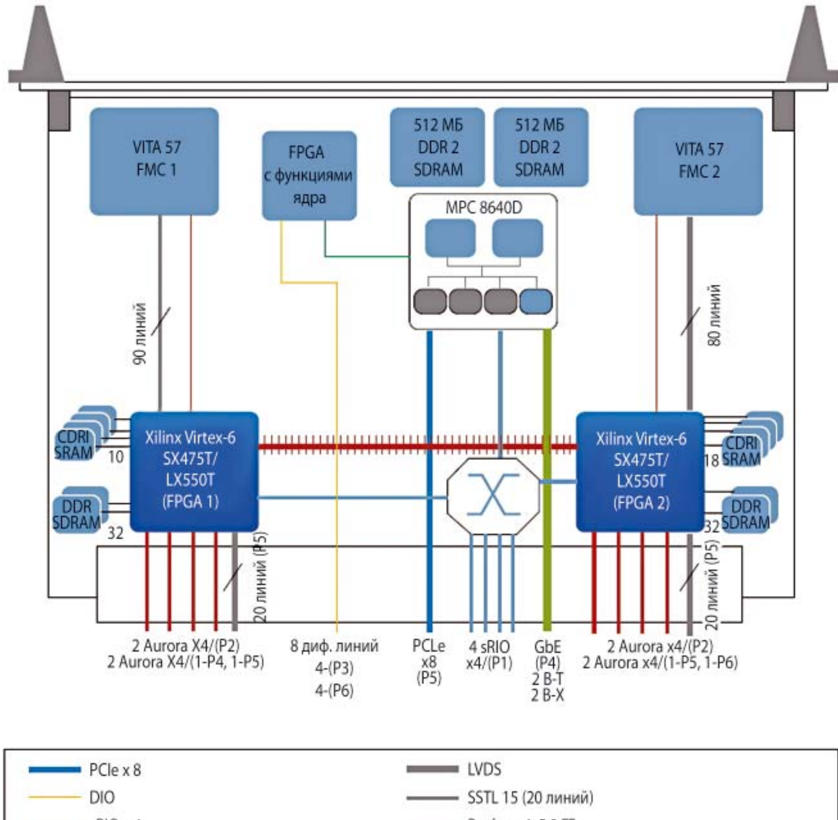


Рис. 1. **Структура платформы CHAMP-FX3**

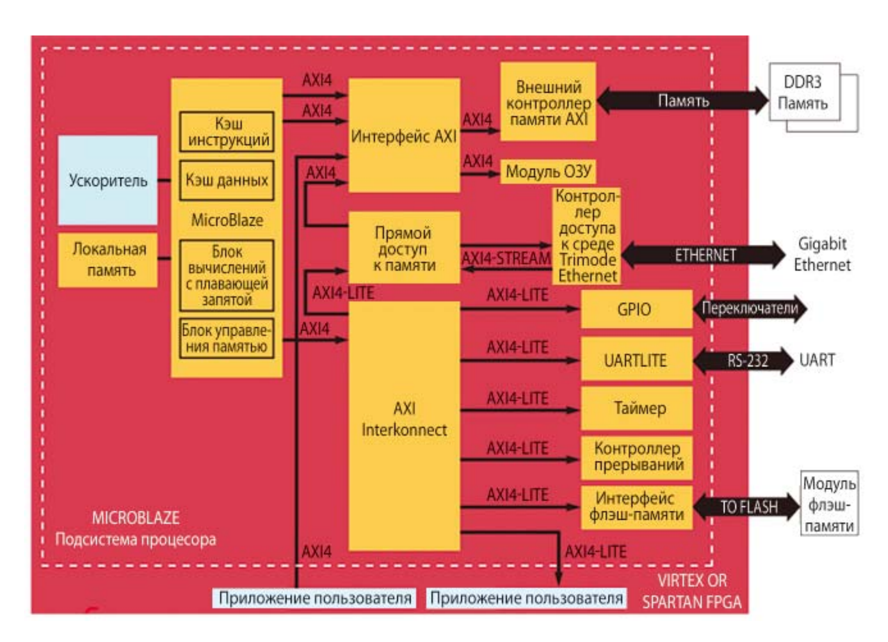


Рис. 2. **Инфраструктура для работы процессора в составе FPGA MicroBlaze**

Процессорные ядра на FPGA отличаются от классических микропроцессоров. В силу особенностей матриц на них могут быть реализованы не все возможные структуры ядер. Так, FPGA несовместимы с шинами с тремя состояниями и не поддерживают многопортовые регистровые файлы. В сложных архитектурах файлы регистров могут иметь 8 и более портов, чтобы выполнять несколько операций за один цикл. Например, вычисление адреса, выполнение скалярных операций и сохранение результата. Единственный способ реализовать регистры на FPGA — это использовать таблицы преобразования (LUT) в логических ячейках или блоки ОЗУ. Однако при этом потребуются дополнительные логические схемы, чтобы имитировать многопортовый доступ. В итоге полученный процессор будет функционально корректен, но либо его частота работы значительно снизится, либо структуру конвейера потребуется в корне перестроить.

В отличие от микропроцессоров, матрицы не позволяют воспользоваться схемотехническими методами повышения качества прохождения сигнала. Как показало время, наибольшее распространение матрицы со встроенными процессорными блоками получили в таких устройствах как системные контроллеры, второстепенные процессоры в многопроцессорных кластерах, сигнальные процессоры и автоматы.

Этот подход оказывается выгодным сразу по нескольким причинам. Во-первых, он позволяет сэкономить на лицензии. Поскольку процессорное ядро находится внутри матрицы, то фактически при покупке лицензии на использование FPGA приобретается и лицензия на процессор. При использовании внешнего процессора его пришлось бы лицензировать отдельно.

Во-вторых, с технической точки зрения иногда невозможно подключить внешний процессор к FPGA. В этом случае разработчики прибегают к программной реализации, однако тогда остается много незадействованных элементов на матрице.

Одна из привлекательных особенностей использования ядер в FPGA — возможность реализовать аппаратные ускорители. Они могут быть синтезированы на блоках RTL либо определены как отдельная функция. В последнем случае в схемы декодирующей и исполнительной логики автоматически вносятся изменения, необходимые для встраивания этой новой функции в конвейер FPGA. Этот подход применяется, когда надо заменить только одну операцию.

Матрицы со встроенными вычислительными ядрами имеют ряд недостатков. К ним относятся необходимость использования дополнительных схем и сложность верификации проекта. Для

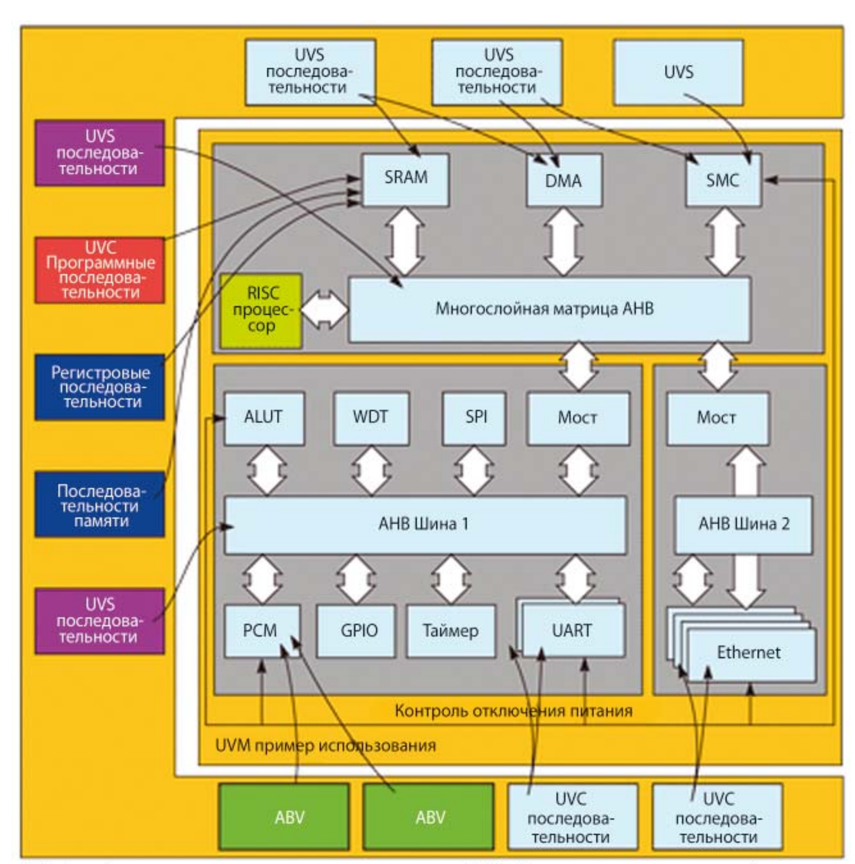
работы вычислительного ядра необходимы дополнительные схемы — модули памяти, периферийные устройства, графический интерфейс пользователя, который помогает связать все блоки системы, создать структуру адресов и т.д. (см рис. 2). При подключении ОЗУ к ядру могут возникнуть сложности; все зависит от того, какой тип доступа к памяти используется ядром. Так, в матрицах производства Microsemi стоит ядро ARM Cortex M3, которое обращается к памяти напрямую, без кэширования. В матрицах MicroBlaze (Xilinx) кэш-память размещается либо в модуле оперативной памяти, либо в ячейках LUT. Доступ к модулям кэша осуществляется напрямую. При желании можно использовать ассоциативную кэш-память с множественным доступом, однако это усложняет схему и ограничивает максимальную частоту работы.

Другой производитель, Altera, ориентируется на широкий круг приложений, поэтому выбор вида адресации предоставляется разработчику. В FPGA Nios кэш уровня L1 реализован как программный контроллер, работающий с накристальными блоками ОЗУ. Вторым вариантом, как и в матрицах Xilinx, является использование ассоциативной кэш-памяти с множественным доступом. Производительность конечного устройства зависит от качества программного обеспечения.

Процесс верификации FPGA со встроенным процессорным ядром сложнее, чем для обычной матрицы, и проводится в несколько этапов: верификация ядра, верификация микрокомпьютера как подсистемы и отладка программного кода. Большинство встроенных программных или аппаратных ядер и периферийных IP-блоков проходят процесс верификации на производстве. В этом случае подсистемы по определению имеют правильную структуру. Однако если в проекте используется измененное ядро, то даже если были использованы только инструменты данного производителя, повторная сверка со стороны производителя необходима. Это несколько увеличивает расходы на инструменты, экспертизу и испытательную установку, зато гарантирует работоспособность.

Инструменты, предлагаемые производителем, генерируют правильные RTL-модели, однако ни один производитель не может гарантировать правильность взаимосвязи модулей. Множество проектов приходят в негодность при добавлении процессорного ядра, шины и периферийных устройств. Это происходит потому, что система становится слишком сложной, чтобы ее можно было проверить простым прогоном. Необходимы более совершенные инструменты, быстродействующие модели и методы, анализирующие систему на уровне СБИС. Следует проводить не только моделирование работы всех функциональных блоков, но и верификацию IP-блоков сторонних производителей. Кроме того, не стоит забывать об испытательном стенде, на котором можно было бы отследить ход процесса (см. рис. 3).

Несколько проще обстоит дело, если производитель предоставляет отлаженные и проверенные примеры кода, как это делает Lattice. Программная отладка в большинстве случаев производится с помощью внутренних ядер, таких как CoreSight в процессорах ARM, или с помощью инструментов JTAG, которые позволяют пошагово прослеживать работу и ставить точки останова.



ABV – Верификация на основе ассертов
AHB – Дополнительная высокопроизводительная шина
ALUT – Таблица соответствия адресов
DMA – Прямой доступ к памяти
GPIO – Ввод-вывод общего назначения
PCM – Импульсно-кодовая модуляция
SMC – Контроллер интеллектуальной памяти
SPI – Последовательный интерфейс
UVC – Компоненты UVM
UVM – Универсальный метод верификации
WDT – Сторожевой таймер

Рис. 3. **Верификация системы**

С целью более глубокого анализа работы системы можно воспользоваться тестовой программой, которая составляется для каждого проекта отдельно, или использовать встроенные возможности, например пакет Chipscope от Xilinx, чтобы проанализировать работу на уровне регистров. Однако это кропотливая работа. Гораздо эффективнее сначала промоделировать работу устройства на системном уровне с помощью инструментов Cadence, а затем проводить глубокий анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ron Wilson. CPUs in FPGAs: many faces to a trend//EDN, март 2011.*
2. *Steve Edwards. Microprocessors or FPGAs? Making the Right Choice//RTC magazine, февраль 2011.*

ВЫБОР КОНДЕНСАТОРА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТРОЙСТВ С ПИТАНИЕМ ОТ БАТАРЕЙ

МАРТИН БАРТА (MARTIN BARTA), РАДОВАН ФАЛТУС (RADOVAN FALTUS), БХАРАТ РАВАЛ (BHARAT RAWAL), AVX

На рынках появилось огромное количество портативных, переносных и беспроводных устройств с питанием от батарей. К их числу относятся портативные медицинские приборы для анализа, системы промышленного и технологического контроля, приборы для обнаружения течи. Такие устройства характеризуются двумя общими параметрами — малым размером и низким энергопотреблением, позволяющие увеличить срок службы. Тщательный отбор пассивных компонентов, например конденсаторов, позволяет оптимизировать производительность системы.

Конденсаторы поддерживают батарею как накопители заряда, способные при пиковой нагрузке отдать большую мощность. По мере разряда батарей начальное их напряжение снижается до величины, называемой напряжением отсечки. Это наименьшее напряжение, которое требуется для эксплуатации приложения. Разрядные кривые варьируют в зависимости от параметров батарей. Типичная характеристика батареи показана на рисунке 1.

К основным характеристикам батареи относятся ее размеры, номинальное напряжение и емкость. Для некоторых приложений необходимо также учесть внутреннее сопротивление источника питания (или импеданс), которое определяется законом Ома с помощью известного напряжения и протекающего тока.

Для выбора оптимального конденсатора необходимо его установить параллельно батарее и цепи нагрузки (см. рис. 2).

Для упрощения расчета рассмотрим наихудший возможный случай, когда начальное напряжение батареи падает до критического уровня. Значение импеданса батареи значительно выше ESR (эквивалентного последовательного сопротивления) конденсатора, поэтому можно предположить, что весь ток поступает со стороны конденсатора и определяется следующим образом:

$$I = C\frac{dV}{dt}.$$

Следовательно, емкость, необходимая для обеспечения требуемой мощности импульса, равна

$$C = I\frac{dt}{dV}.$$

После разряда конденсатора требуется некоторое время для того, чтобы он снова зарядился. Необходимое для этого время определяется следующим образом: $\tau = RC$.

Таким образом, чем больше эта постоянная, тем больше времени требуется для заряда конденсатора (см. рис. 3).

Величина τ зависит от значений емкости и сопротивления цепи. В данном случае суммарное сопротивление определяется суммой IR и ESR. На практике требуется время равное 5τ (см. рис. 3), чтобы конденсатор зарядился полностью.

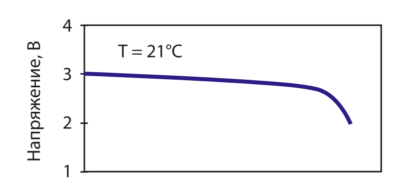


Рис. 1. **Типичная разрядная кривая батареи**

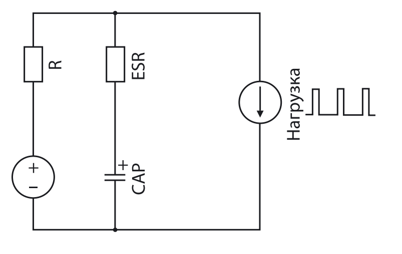


Рис. 2. **Конденсатор устанавливается параллельно батарее и цепи нагрузки**

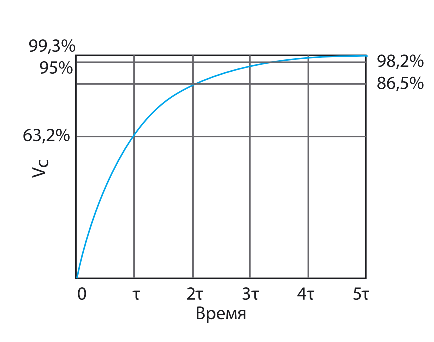


Рис. 3. **Зарядная характеристика конденсатора**



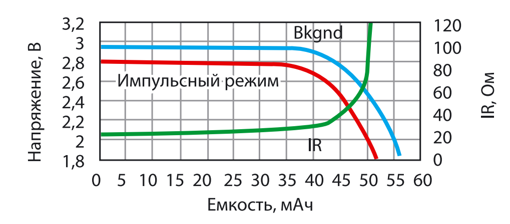
Рис. 4. **Батарея типа Lithium Coin**

ПРИМЕР ИЗ ПРАКТИКИ

Зная характеристики батареи и параметры нагрузки приложения, можно рассчитать значение емкости, устанавливаемой параллельно батарее (см. рис. 4). Ее характеристики представлены на рисунке 5.

Параметры батареи:

- тип: Lithium Coin;
- номинальное напряжение: 3 В;
- типичная емкость: 620 мАч.



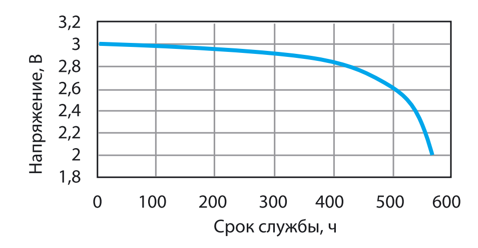


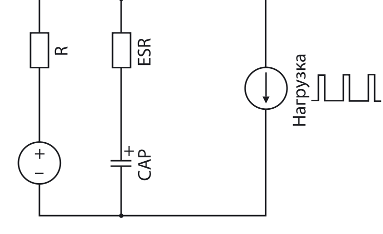
Рис. 5. **Характеристики батареи типа Lithium Coin**

Как видно из рисунка 6, величина импульсного тока равна 18 мА, ширина импульса — 4 мс, а длительность цикла — 1,2 с.

Напряжение конденсатора определяется разницей между начальным напряжением и его падением на ESR. Значение ESR достаточно небольшое, чтобы его учитывать, поэтому разумно воспользоваться приблизительной величиной в 0,5 Ом. Таким образом, напряжение на ESR определяется как 0,5 · 0,018 = 0,009 В. Тогда напряжение на конденсаторе равно 2 – 0,009 = 1,991 В, а емкость составит 0,018 · 0,004/1,991 = 36 мкФ.

Следовательно, оптимальное значение емкости — 36 мкФ или выше. Ближе всего к этому значению подходит конденсатор емкостью 47 мкФ. При длительности цикла равной 1,2 с время заряда конденсатора составляет 1,2 – 0,004 = 1,196 с.

Таким образом, конденсатор полностью не зарядится, пока значение 5τ



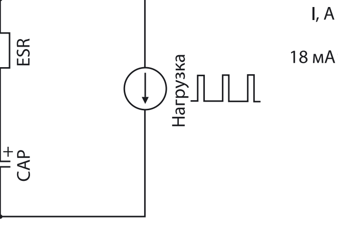


Рис. 6. **Импульсный ток через нагрузку**

не превысит 1,196 с. Это значит, что τ должна быть меньше 0,2392 с.

Максимально возможное значение сопротивления цепи, Rmax, определяется следующим образом:



$$R = \frac{\tau}{C}.$$

Отсюда Rmax = 0,2392/0,000047 = 5089 Ом.

Итак, для полного заряда конденсатора времени вполне хватит, если последовательно соединенные IR и ESR не превысят Rmax.

Расчетным значениям данной цепи удовлетворяют танталовые конденсаторы и конденсаторы на основе оксида ниобия, например, серий TAJ и NOJ компании AVX. Если ток нагрузки выше, выбираются устройства с меньшим ESR, например, серий TPS или NOS. В частности, номинальное напряжение конденсатора серии TPS = 6,3 В, ESR = 0,250 Ом, размер корпуса — В, частота отказов — 1% за 1000 ч (T = 85°C, чувствительность 0,1 Ом/В).

ЛИТЕРАТУРА

1. www.electroniccomponentsworld.com/articleView~idArticle~71991_340112411181201 1.html.

СМЕСИТЕЛИ И МОДУЛЯТОРЫ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

КАРИССА СИПП (CARISSA SIPP), инженер по применению радиочастотных систем, Texas Instruments

В статье рассматриваются основные характеристики и принципы построения смесителей и модуляторов для приемных и передающих каналов коммуникационной системы. Рассмотрены факторы, влияющие на работу смесителей – уровень шума, развязка, паразитные компоненты сигнала. Описаны возможные варианты топологий смесителей — однополосные, двухполосные, балансные и кольцевые балансные смесители, смесители с подавлением зеркального канала, а также особенности их применения в системе. Статья представляет собой перевод [1].

В высокоскоростных беспроводных системах связи необходимо выполнять преобразование сигналов с повышением или понижением частоты, чтобы обеспечить их передачу и обработку. Преобразование частоты, известное как смешивание сигналов, является основой работы как приемного, так и передающего тракта коммуникационной системы. Поэтому смесители и модуляторы являются основными блоками для построения радиочастотных (РЧ) систем. Стандарты по беспроводным системами связи продолжают развиваться, поэтому имеет смысл рассмотреть характеристики этих устройств и изучить, каким образом параметры смесителей влияют на работу всей системы.

В любой радиосхеме смесители и модуляторы обеспечивают преобразование частоты и обеспечивают возможность передачи сигнала. Они определяют базовые характеристики всей сигнальной цепи коммуникационной системы. Кроме того, они отслеживают максимальный уровень мощности в цепи приемника, преобразуют сигналы от ЦАП с повышением частоты в тракте передатчика и обеспечивают работу систем цифровых предыскажений (Digital Rre-Distortion – DPD), которые влияют на работу всей коммуникационной системы.

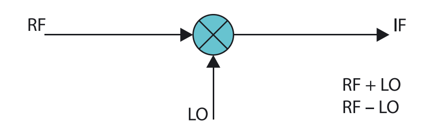


Рис. 1. **Схематическое изображение смесителя показывает, что у него есть два входа: РЧ-сигнал от антенны или малошумящего усилителя** (RF) **и сигнал гетеродина** (LO)**. Смеситель перемножает оба сигнала, формируя суммарную и разностную частоты**

ОСНОВЫ РАБОТЫ СМЕСИТЕЛЯ

В простейшем виде смеситель представляет собой умножитель. В то время как смесители аудиосигналов лишь складывают сигналы, радиочастотные смесители фактически перемножают входные сигналы и формируют новую частоту выходных сигналов. РЧ-модуляторы и демодуляторы, по существу, являются смесителями. Эти устройства принимают входной сигнал основной частоты и генерируют модулированный РЧ-сигнал или наоборот.

Обычно в приемнике используется преобразование с понижением частоты, чтобы обеспечить возможность обработки высокочастотных РЧ-сигналов, а передатчик преобразует сигнал более низкой основной частоты в высокочастотный РЧ-сигнал. Все порты смесителя способны работать как в нагрузочном режиме, так и в режиме отдачи тока.

В первом примере используется преобразование с понижением частоты. Входами являются радиочастота (RF) и частота гетеродина (LO). На выходе формируется промежуточная частота (IF). Выходной сигнал содержит как суммарные, так и разностные компоненты входных сигналов (см. рис. 1). Математически выходной сигнал можно описать с помощью уравнений (1)—(3):

$$RF = A_1\sin(\omega_1 t + \varphi_1); \quad (1)$$

$$LO = A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2); \quad (2)$$

$$IF = A_1A_2\sin(\omega_1 t + \varphi_1)\sin(\omega_2 t + \varphi_2). \quad (3)$$

Используя тригонометрические уравнения, можно преобразовать уравнение (3) к виду, содержащему сумму и разность частот:

$$IF = (A_1A_2/2)\{\cos/[(\omega_1 + \omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2)] + \cos/[(\omega_1 - \omega_2)t - (\varphi_1 - \varphi_2)]\}. \quad (4)$$

В зависимости от необходимой промежуточной частоты (ПЧ), могут потребоваться несколько каскадов преобразования с понижением частоты и фильтрации для того, чтобы обеспечить то качество сигнала, которое нужно для его последующей обработки.

Смеситель при преобразовании с повышением частоты обычно включается в цепь после формирования сигнала основной частоты. В такой конфигурации ПЧ-сигнал теперь является входным сигналом, а РЧ-сигнал — выходным. И снова выход содержит суммарные и разностные компоненты входных сигналов. Дополнительная фильтрация на входе и выходе необходима для ослабления нежелательных компонентов сигнала, чтобы получить требуемые характеристики, аналогично цепи приемника.

УСИЛЕНИЕ ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ

Коэффициент усиления при преобразовании является основным показателем смесителей, на основе которого проверяются их функциональные свойства. Он представляет собой отношение уровня выходного сигнала к входному уровню и обычно выражается в дБ. Потери на преобразование для пассивных смесителей отражают, как правило, вносимые потери.

Минимальные потери рассчитываются с помощью отношения РЧ-тока на выходе ($g_1 v_{rf}/2 = g_{on} v_{rf}/\pi$) к ПЧ-току на

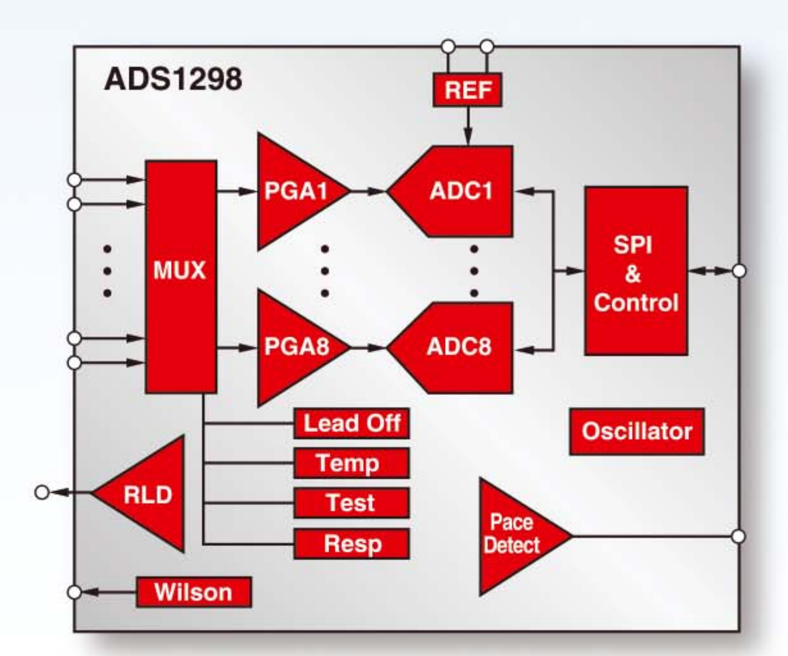
Полнофункциональный аналоговый интерфейс для ЭКГ/ЭЭГ

Восьмиканальный, 24-разрядный ADS1298 включает типовые функции аналогового интерфейса AFE (analog front end) для мониторинга пациентов посредством портативных высокотехнологических устройств снятия и передачи электрокардиограмм (ЭКГ) и электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Встроенный AFE снижает количество компонентов и энергопотребление до 95% с КПД 1 мВт/канал по сравнению со схемами с применением дискретных элементов.
That's High-Performance Analog>>Your Way™.



www.ti.com/ru/analog/ads1298
Заказать образцы и отладочные платы

Тип корпуса TQFP и BGA



- Уменьшение количества компонентов и размеров платы на 95%
- 1 мВт/канал уменьшает потребление питания на 95%
- Однокристальное решение повышает надежность системы и мобильность пациентов



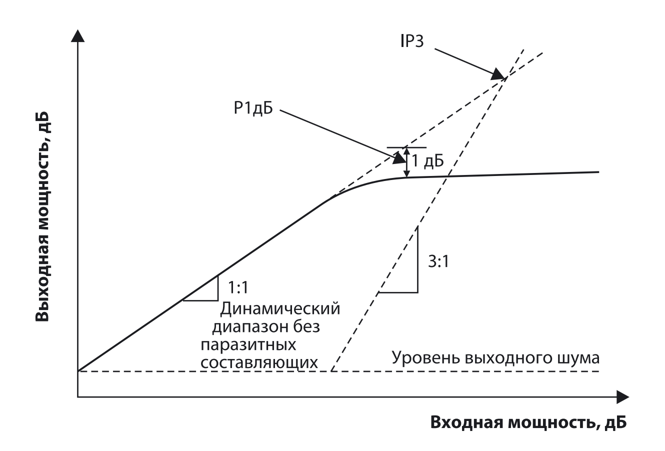


Рис. 2. **На графике зависимости выходной мощности от входной мощности смесителя показаны две характеристики смесителя: точка сжатия динамического диапазона на 1 дБ** (P1дБ) **и точка пересечения интермодуляционных составляющих третьего порядка** (IP3)

выходе($g_1 v_{rf} = g_{on} v_{rf}/2$). Это отношение равно 2/π и, таким образом, коэффициент усиления при преобразовании равен $(2/\pi)^2$ или –3,92 дБ, при условии, что импедансы всех цепей равны, и на вход гетеродина подается прямоугольный сигнал.

Если мы примем, что на вход гетеродина подается непрерывный синусоидальный сигнал, то компонент промежуточной частоты в выходном токе становится равным $g_{on} v_{rf}/4$. Это, в свою очередь, изменяет отношение мощностей с –3,92 на –6 дБ из-за меньшей мощности на входе гетеродина. Такое уменьшение мощности гетеродина влияет на способность смесителя управлять проводимостью включенного и выключенного состояний, что уменьшает выходную мощность и уровень шума.

Большинство смесителей имеют потери на преобразование в диапазоне 4,5…9 дБ. Эта величина зависит от типа смесителя и любых дополнительных потерь, в том числе вызванных дисбалансом смесителя, рассогласованием импедансов и влиянием последовательного сопротивления диода. Смесители с более широкой полосой пропускания склонны к более высоким потерям на преобразование, т.к. им труднее поддерживать баланс во всей входной полосе частот. Усиление при преобразовании влияет на выбор коэффициента усиления системы автоматической регулировки усиления (АРУ), используемых алгоритмов системы цифровых предыскажений и чувствительность системы.

ШУМ

Поскольку смеситель выполняет преобразование частоты, он добавляет шум к сигналу. Отношение сигнал-шум (SNR) на входе по сравнению с SNR на выходе в рабочем режиме известно как коэффициент шума. Уровень шума измеряется на устройстве во включенном состоянии. Затем полученный показатель сравнивается с мощностью шума в выключенном состоянии. Для расчета коэффициента и уровня шума пользуются следующими уравнениями:

Коэффициент шума F =

$$= (SNR)_{IN}/(SNR)_{OUT}. \quad (5)$$

$$\text{Уровень шума } NF = 10\log(F). \quad (6)$$

Из уравнения (7) для расчета общего уровня шума при каскадном построении приемного тракта видно, что первый каскад наиболее сильно влияет на суммарный уровень шума:

$$NF_{total} = 10\log\left[\left(F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}\right) + \left(\frac{F_3 - 1}{G_1 G_2}\right) + \ldots + \left(\frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \ldots G_{n-1}}\right)\right], \quad (7)$$

где G — коэффициент усиления каскада. Поэтому в базовых схемах приемного тракта ключ, фильтр и малошумящий усилитель, которые включены до смесителя, вносят свой вклад в общий коэффициент шума всей системы. Тщательно подбирая эти компоненты и параметры смесителя, можно минимизировать общий уровень шума и улучшить чувствительность.

Вспомним, что уровень сигнала гетеродина влияет как на коэффициент усиления преобразования, так и на уровень шума. Поскольку энергия гетеродина уменьшается, уменьшается и уровень шума. Имеется небольшая разница в том, как шум определяется для двухполосного (double sideband) и однополосного (single sideband) смесителей. Двойная боковая полоса означает, что как необходимая ПЧ, так и частота зеркального канала присутствует на выходе (для смесителей, которые были рассмотрены до данного момента). Одиночная боковая полоса означает, что зеркальная боковая полоса частот ослаблена насколько это возможно.

Двухполосный смеситель содержит часть шума как от радиочастоты, так и от частоты зеркального канала. Для однополосного смесителя сигнал частоты зеркального канала теоретически отсутствует, хотя и содержит шум зеркального канала. Идеальный однополосный смеситель имеет уровень шума, в два раза меньший, чем аналогичный двухполосный смеситель.

РАЗВЯЗКА

Развязка в смесителе определяется между портами RF и IF; LO и IF; IF и RF и LO и RF. Величина развязки определяется как уровень мощности, которая проникает из одного порта в другой. Например, для того, чтобы определить развязку между портами LO и RF, нужно подать сигнал на порт LO и измерить мощность этого сигнала на порте RF.

Развязка имеет весьма важное значение, т.к. уровень входных сигналов, в особенности LO, может быть достаточно высоким, что вызывает ухудшение характеристик системы. Сигнал LO может наводить помехи на входной сигнал путем взаимодействия с РЧ-усилителем или путем излучения РЧ-энергии на порте антенны. Утечка мощности LO на выход IF может сжимать динамический диапазон остальных ПЧ-блоков приемного тракта, вызывая ошибки обработки данных.

Утечка RF на IF и наоборот показывает, насколько хорошо сбалансирована схема, что влияет на потери преобразования. Чем лучше сбалансирован смеситель, тем меньше потери на преобразование. Уровень развязки должен быть как можно более высокий, и его необходимо учитывать при использовании экранировки и в разработке оптимальной топологии печатной платы.

ТОЧКА СЖАТИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА НА 1 дБ

В приемнике смеситель отслеживает максимальную энергию в системе, поэтому большое значение имеет линейность: она определяет общие параметры приемника и передатчика. В нормальном или линейном режимах работы потери преобразования в смесителе постоянны, вне зависимости от РЧ-мощности. Это означает, что при увеличении входной мощности с шагом 1 дБ, выходная мощность также увеличивается на 1 дБ. В точке сжатия динамического диапазона на 1 дБ (точка P1дБ на рис. 2) при дальнейшем увеличении входной мощности выходная мощность перестает возрастать линейно. В этой точке потери преобразования смесителя увеличиваются на 1 дБ от идеальной величины.

Работа смесителя в режиме, превышающем точку Р1дБ, приводит к искажению полезного ПЧ- или РЧ-сигнала, а также увеличивает содержимое паразитных составляющих в спектре. Точка сжатия динамического диапазона на 1 дБ всей цепи влияет на динамический диапазон системы. Обычно точка Р1дБ для смесителей устанавливается в диапазоне 0…15 дБ. Чем выше точка Р1дБ, тем лучше характеристики и потенциально шире динамический диапазон системы.

ТОЧКА ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА (IP3)

Точка пересечения интермодуляционных составляющих третьего порядка (IP3) оказывает влияние на характеристики системы подобно точке Р1дБ. Высокие интермодуляционные искажения третьего порядка непосредственно связаны с точкой IP3 и могут увеличить уровень шума в реальных рабочих условиях. Это может снизить чувствительность радиоприемника, что, в свою очередь, ухудшает характеристики всей коммуникационной системы. Таким образом, чем выше точка IP3, тем лучше.

Для определения точки IP3 подают два входных сигнала одинаковой мощности F1 и F2 на вход RF (полагая, что это процесс преобразования с понижением частоты). Для вычисления точки IP3 нам нужны величины интермодуляционных искажений составляющих третьего порядка (IMD3) на частотах (2F2 – F1) – FLO и (2F1 – F2) – FLO (где FLO — частота гетеродина) из-за того, что эта частота близка к необходимой ПЧ:

$$IP_N = P_{IN} + \left(\frac{IMD_N}{N-1}\right); \quad (8)$$

$$IP_3 = P_{IN} + \left(\frac{IMD_3}{2}\right). \quad (9)$$

Точка IP3 — это теоретическое понятие, которое получено из определения IMD3, реально точку IP3 достичь нельзя. Выходной каскад смесителя входит в насыщение до достижения точки IP3. Обычно для пассивных смесителей IP3, по крайней мере, на 15 дБ выше точки Р1дБ для высокочастотных сигналов и на 10 дБ выше точки сжатия для низкочастотных сигналов.

ПАРАЗИТНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИГНАЛОВ

В процессе работы смесителя генерируются выходные компоненты сигналов, представляющие собой сумму и разность входных сигналов, а также огромное число дополнительных нежелательных паразитных сигналов (см. рис. 3). В число таких сигналов входят основные частоты на входе и выходе смесителя, их гармоники (nRF, mLO или kIF) и интермодуляционные составляющие nRF ± mLO (преобразование с понижением частоты) и nLO ± mIF (преобразование с повышением частоты).

Мы определяем такие паразитные составляющие как нежелательные составляющие сигналов при смешивании. Эти паразитные сигналы обусловлены преобразованием частоты на гармониках входного сигнала и гетеродина. Уровни таких паразитных сигналов зависят от ряда факторов, а именно от уровней входного сигнала, импеданса нагрузки, температуры и частоты.

Гармонические составляющие сигнала (nRF, mLO, kIF) экспоненциально возрастают с ростом мощности выходного сигнала. Математически эти нежелательные составляющие сигнала могут быть выражены в виде следующих уравнений:

основная гармоника: $V_{Out} = A\cos(\omega t)$; (10)

вторая гармоника: $A^2\cos(2\omega t)$; (11)

третья гармоника: $A^3\cos(3\omega t)$. (12)

Компоненты сигналов с нелинейными искажениями существенно влияют на широкополосные системы из-за сложности их фильтрации и воздействия паразитных составляющих в широком диапазоне частот. На узкополосные приложения влияют только те паразитные составляющие, которые попадают в полосу пропускания. С помощью полосовых фильтров большую часть нежелательных составляющих можно эффективно ослабить. Однако, как было сказано ранее, частота составляющих третьего порядка IMD3 близка к частоте полезного сигнала, поэтому такой сигнал весьма трудно отфильтровать.

СИГНАЛ С ЧАСТОТОЙ ЗЕРКАЛЬНОГО КАНАЛА (ПОДАВЛЕНИЕ БОКОВОЙ ПОЛОСЫ)

Сигналом, который воздействует как на приемный, так и на передающий тракты смесителя, является сигнал с частотой зеркального канала. Сигнал на входе RF, который отличается по частоте на 2IF от входного сигнала, будет преобразован прямо в промежуточную частоту, как и нужный входной сигнал при понижении частоты. Такие методы как фильтрация и использование нескольких ПЧ-каскадов, а также смесители с подавлением зеркального канала могут минимизировать влияние этого нежелательного сигнала.

Сигнал с частотой зеркального канала — это просто «еще один» выходной сигнал, кроме полезного сигнала, т.к. выход любого простого смесителя содержит суммарные и разностные компоненты сигналов по определению. Более сложный смеситель, в котором предусмотрено подавление зеркального канала на выходе, называется однопо-

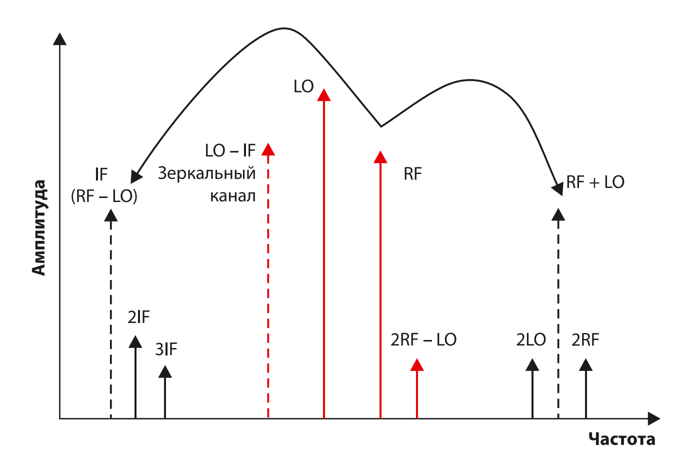


Рис. 3. **Частотный спектр на выходе смесителя, на котором показаны различные составляющие выходного сигнала, в том числе суммарный и разностный сигналы, а также нежелательные составляющие зеркального канала и гармоник 2-го и 3-го порядка**

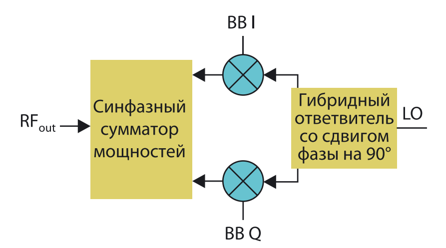


Рис. 5. **В цепи передатчика используется однополосный преобразователь с повышением частоты или модулятор. Процесс обработки сигнала подобен работе смесителя с подавлением зеркального канала в цепи приемника** (см. рис. 4)**. Сигналы основной полосы частот BB** (I – синфазный и Q – сдвинутый по фазе на 90°) **подаются на смесители и смешиваются с сигналом гетеродина** (LO)**, который разделен на компоненты, сдвинутые по фазе относительно друг друга на 90°**

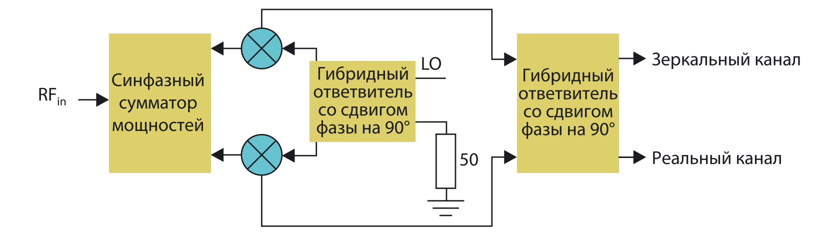


Рис. 4. **Блок-схема смесителя с подавлением зеркального канала, который часто используется в цепи приемника. В этой схеме вместо суммарных и разностных составляющих сигнала используется сдвиг фазы, чтобы получить одиночный выход без использования фильтров. На выходе LO сигнал сдвинут по фазе на 90°, в результате чего формируются синфазная и квадратурная составляющие сигнала, которые смешиваются с входным РЧ-сигналом. Выходные сигналы смесителя сдвигаются по фазе на 90° относительно друг друга, и одна из составляющих аннулируется**

лосным смесителем или синфазным/квадратурным (in-phase/quadrature) модулятором (I/Q-модулятором). Например, TRF372017 от компании Texas Instruments — это высокоинтегрированный I/Q-модулятор с ФАПЧ и генератором, управляемым напряжением.

СМЕЩЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Другим ключевым компонентом выходного спектра является утечка гетеродина или постоянное смещение и подавление несущей частоты. На эти параметры смесителя влияет развязка, а постоянное смещение – это показатель дисбаланса в смесителе. Этот параметр имеет особое значение для I/Q-модуляторов и демодуляторов. Поскольку они содержат два смесителя, то могут иметь дисбаланс из-за разницы в коэффициенте усиления или смещении двух встроенных смесителей.

Для систем с нулевой промежуточной частотой, в частности, использующих такие модуляторы и демодуляторы, постоянное смещение (подавление несущей частоты) ухудшает характеристики из-за потерь в полосе частот сигнала. Смещение постоянной составляющей на выходе смесителя будет на частоте гетеродина, и, в зависимости от постоянного смещения, подавление несущей будет определяться выражением:

$$\text{Подавление несущей, дБс} = 20\log10\left(\frac{V_{RMS}}{V_{ERROR}}\right). \quad (13)$$

Следовательно, если 1-BRMS сигнал имеет смещение 10 мВ, то подавление несущей = –40 дБс.

УРОВЕНЬ СИГНАЛА ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕТЕРОДИНА

Уровень сигнала возбуждения гетеродина — важная характеристика для разработчиков, которую следует учитывать при построении системы. Доступная выходная мощность гетеродина в системе может ограничивать его возможности. Недостаточные уровни возбуждения гетеродина могут ухудшать характеристики смесителя. Слишком высокий уровень возбуждения может ухудшить характеристики, а также вывести устройство из строя. Для активных смесителей нужно меньше мощности гетеродина, чем для пассивных, и они характеризуются большей гибкостью в диапазоне мощностей гетеродина.

ТОПОЛОГИИ СМЕСИТЕЛЕЙ

Смесители могут быть пассивными и активными. В пассивных смесителях используются диоды и пассивные компоненты для фильтрации. Как правило, пассивные смесители имеют лучшую линейность, но более высокие потери на преобразование или шум. Кроме того, имеются балансный (single-balanced) смеситель и кольцевой (double-balanced) балансный смеситель. Балансные смесители имеют ограничение по развязке, в то время как кольцевые балансные смесители имеют намного лучшую развязку между портами и улучшенную линейность.

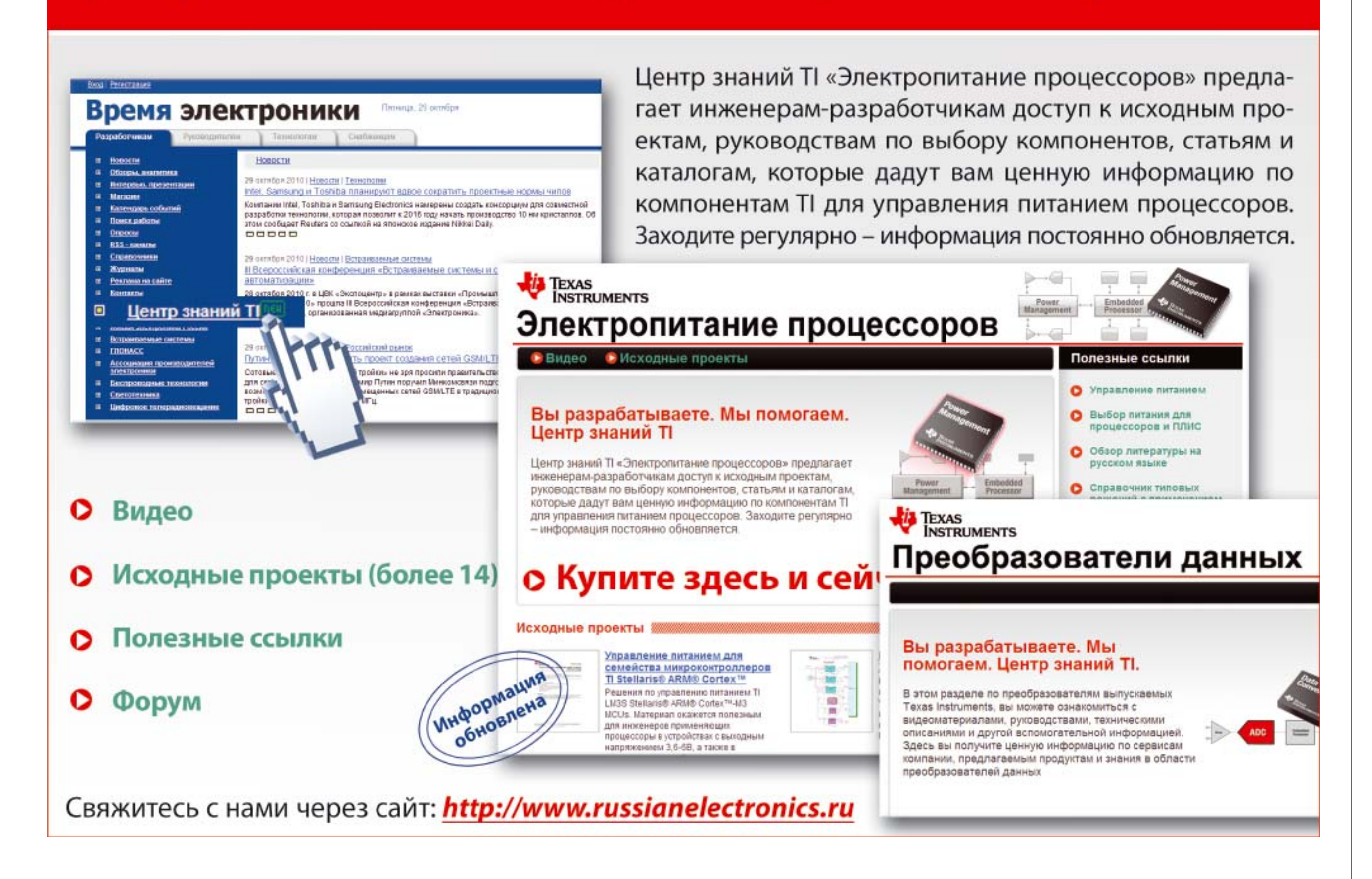
Большинство специалистов знакомо с кольцевым балансным смесителем на базе диодов Шоттки. Это одна из самых высококачественных схем смесителей, которые требуют согласующее устройство с малыми потерями на входе и 4-диодный мост. Для лучшей развязки выход смесителя отведен от порта входного сигнала. Низкая величина сопротивления в открытом состоянии и высокочастотные характеристики диодов Шоттки делают такой смеситель идеальным выбором с одним недостатком: он требует высокой мощности гетеродина.

Имеется широкий выбор типов активных смесителей, например, существуют смесители на биполярных плоскостных транзисторах (BJT) и полевых транзисторах, топологии смесителей на ячейках Гилберта, которые позволяют создать настоящий умножитель, что улучшает развязку и уменьшает гармоники четного порядка.

Топология на ячейках Гилберта — наиболее популярная схема активного смесителя. Хотя такие смесители могут обеспечить весьма высокие характеристики, все же нужна фильтрация и применение нескольких ПЧ-каскадов для того, чтобы подавить зеркальный канал на выходе. Частота зеркального канала всегда отличается на 2IF от частоты нужного ПЧ-сигнала, так что при низкой ПЧ фильтрация более затруднительна. В системах с перестройкой частоты фильтр должен отслеживать частоту гетеродина, чтобы обеспечить необходимые характеристики. В таких системах могут понадобиться несколько каскадов и фильтров, чтобы надежно подавить зеркальный канал при более высоких значениях ПЧ.

Смесители с подавлением зеркального канала обеспечивают ослабление зеркального канала путем аннулирования фазы, а не с помощью фильтрации или за счет использования нескольких каскадов ПЧ. Такая схема включает квадратурный ПЧ-смеситель. Этот смеситель включает, в свою очередь, два кольцевых балансных смесителя, разветвитель со сдвигом по фазе на 90° и 0°-разветвитель. В смесителе с подавлением зеркального канала используется гибридный ответвитель со сдвигом по фазе на 90°, включенный после портов ПЧ, для разделения зеркального и реального каналов, что позволяет либо аннулировать сигнал зеркального канала, либо передать его на дальнейшую обработку (см. рис. 4).

Как уже было сказано, между двумя смесителями, которые используются в такой схеме может произойти рассогласование, поскольку зеркальные каналы с понижением частоты присутствуют на выходе полезной ПЧ. Степень подавления зеркального канала определяется отношением полезного ПЧ-сигнала к сигналу зеркального



канала на выходе того же порта. Для улучшения характеристик смесителя с подавлением зеркального канала критичное значение имеет хорошее согласование подавления зеркального канала.

Для преобразования с повышением частоты используется однополосный смеситель (I/Q-модулятор). В однополосном смесителе с подавлением зеркального канала зеркальный и реальный выходы теперь становятся входами, и входной сигнал RFIN становится выходным сигналом RFOUT. На рисунке 5 показана упрощенная блок-схема такой топологии, в которой входная частота обозначена как BB (сигнал основной полосы частот) или ПЧ-сигнал в тракте передатчика. Уравнения (14) — (20) описывают подавление или ослабление зеркального канала в однополосном смесителе или I/Q-модуляторе.

$$BB\ I = A\sin(\omega_m t); \quad (14)$$

$$BB\ Q = A\cos(\omega_m t). \quad (15)$$

Сигналы гетеродина (LO) после разделения фазы равны:

$$\text{синфазный сигнал } LO = \sin(\omega_c t); \quad (16)$$

$$\text{квадратурный сигнал } LO = \cos(\omega_c t); \quad (17)$$

Таким образом, используя тригонометрические равенства для синфазной и квадратурной составляющих выходного сигнала, получим:

$$RF_{in-phase} = \sin(\omega_c t)\cdot A\sin(\omega_m t) = \frac{A}{2}\cdot\cos((\omega_c-\omega_m)t) - \frac{A}{2}\cdot\cos((\omega_c+\omega_m)t), \quad (18)$$

$$RF_{quad-phase} = \cos(\omega_c t)\cdot A\cos(\omega_m t) = \frac{A}{2}\cdot\cos((\omega_c-\omega_m)t) + \frac{A}{2}\cdot\cos((\omega_c+\omega_m)t). \quad (19)$$

Из этих уравнений видно, что компоненты верхней боковой полосы (ωc + ωm) аннулируются, и остаются только младшие члены равенства. Поэтому выходной сигнал будет равен:

$$RF_{out} = RF_{in-phase} + RF_{quad-phase} = A\cos((\omega_c - \omega_m)t). \quad (20)$$

Ясно, что это случай идеального однополосного смесителя, где нет дисбаланса в схеме. В реальном мире, однако, биполярные и полевые транзисторы, а также диоды никогда не бывают идеально сбалансированы. В реальных схемах будет иметь место рассогласование коэффициента усиления и фазы, а развязка никогда не будет бесконечной, поэтому сигнал гетеродина всегда будет просачиваться на порт RF_{OUT}. Сигналы основной полосы или ПЧ-сигналы никогда не сбалансированы идеально, так же как и вход гетеродина LO.

При выборе I/Q-модулятора ключевое значение имеют две характеристики — подавление боковой полосы и просачивание несущей. Смещение постоянной составляющей или подавление боковой полосы — это нежелательная выходная компонента сигнала гетеродина и результат развязки между портами LO и RF и дисбаланса постоянной составляющей сигнала основной частоты или ПЧ-сигнала. Подавление боковой полосы измеряется в дБс. Это — компонента зеркального канала, и она вычисляется относительно выходного сигнала. Эта характеристика отражает рассогласование усиления и фазы в смесителе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carissa Sipp. Mixology 101: Mixers And Modulators In High-Speed Communications// http://electronicdesign.com.

НЕСКОЛЬКО ВОПРОСОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

При работе с АЦП могут возникать различные проблемы, особенно у инженеров, имеющих небольшой опыт. Данная подборка освещает вопросы, которые наиболее часто возникают у начинающих разработчиков. Статья написана по материалам [1].

Почему фильтр защиты от наложения спектров подавляет не все паразитные сигналы на входе АЦП?

Важно понимать, что общая полоса пропускания АЦП может быть очень широкой, даже если АЦП имеет невысокую частоту дискретизации.

Для избавления от помех и шумов, которые могут перегрузить АЦП или проникнуть в полосу полезного сигнала, на входе АЦП ставится фильтр защиты от наложения спектров, которое возникает в случае, если частота дискретизации f_s меньше удвоенной максимальной частоты f_a в спектре полезного сигнала (см. рис. 1).

Полоса пропускания защитного фильтра должна совпадать с диапазоном входного сигнала АЦП, однако при этом нельзя забывать о полосе заграждения — необходимо удостовериться, что в нее попадают все нежелательные частоты, лежащие далеко за пределами частоты выборки. Иначе при работе в режиме передискретизации шумы и прочие помехи могут наложиться на многочисленные отображения сигнала и, соответственно, проникнуть на выход АЦП. Например, если частота дискретизации АЦП равна 100 МГц, а частота пропускания — 1 ГГц, то фильтр должен отсекать шумы в диапазоне до 1 ГГц, а не до 50 МГц, как следует из теоремы Котельникова. Некоторые типы фильтров, например эллиптические, многоступенчатые или Чебышева, особенно подвержены этому эффекту. Соответственно, при выборе фильтра необходимо обращать внимание как на его входной, так и на выходной диапазон частот.

Поправить дело поможет такой нехитрый прием как добавление простого ФНЧ на выходе заграждающего фильтра. Однако при этом будет увеличено число элементов схемы, а полоса полезного сигнала дополнительно ослабится.

Чтобы избавиться от двусмысленности, достаточно снять амплитудно-частотную характеристику фильтра на всей полосе пропускания АЦП и за ее пределами. Тогда сразу будет видно, насколько фильтр ослабляет сигнал в полосе пропускания АЦП и какие частоты подавляются вне этой полосы.

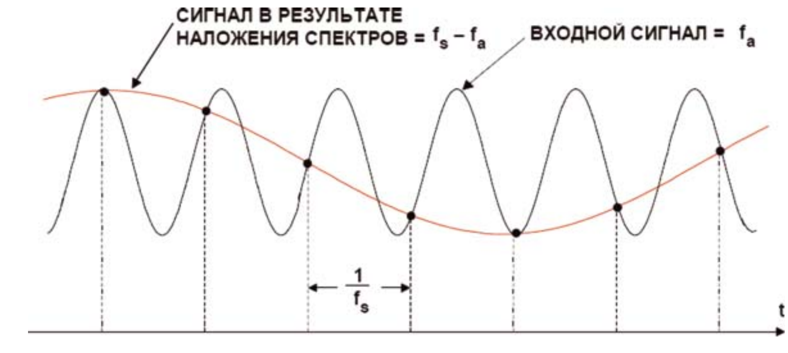


Рис. 1. **Эффект наложения спектров при $f_s < 2f_a$**

Полная шкала АЦП не соответствует заявленной в документации. В чем дело?

В документации обычно указываются параметры синфазного входного сигнала. Для работы с полным диапазоном напряжений необходимо смещение. В преобразователях со встроенными буферами обычно предусмотрено внутреннее смещение, равное половине напряжения питания плюс падение напряжения на диоде (0,7 В). В отсутствие буферов требуется внешний источник смещения, дающий напряжение, равное половине напряжения питания. В некоторых АЦП предусмотрен специальный вывод для подачи напряжения смещения. Если его нет, то напряжение смещения подключается к центральной точке трансформатора или через резистивный делитель.

Смещение синфазного сигнала позволяет уменьшить погрешность измерения, иначе преобразование может «обрезаться», не достигнув конца шкалы. Особенно важно обеспечить синфазное смещение в тех случаях, когда на входе АЦП стоит усилитель либо когда входной сигнал постоянен или имеет очень низкую частоту. При этом необходимо удостовериться, что усилитель соответствует требованиям АЦП.

С уменьшением топологических норм уменьшается физический размер микросхемы и снижается напряжение питания АЦП. Для питания 1,8 В усилитель должен обеспечивать синфазное напряжение 0,9 В. Усилители с напряжением питания 3,3 В или 5 В не могут работать на таких низких уровнях.

Важным параметром АЦП является входное синфазное напряжение. Если схема многокаскадная, то уровни синфазного сигнала должны быть одинаковыми, чтобы компоненты не подавляли друг друга. При работе с переменным сигналом между каскадами следует устанавливать разделительный конденсатор. При этом будет обеспечено согласование уровня смещения между выходом усилителя и входом АЦП.

Важен ли коэффициент шума для АЦП?

По отношению к АЦП термины «коэффициент шума» и отношение «сигнал-шум» взаимозаменяемы. Первый позволяет определить плотность шума, а второй — оценить общий уровень шума в полосе.

Малый коэффициент шума не всегда означает, что шум на входе АЦП имеет низкий уровень.

Коэффициент шума удобно использовать при расчете динамических параметров многокаскадных схем. При увеличении выходного сопротивления источника сигнала в 4 раза коэффициент шума уменьшается на 6 дБ. Однако при этом одновременно увеличивается тепловой шум, видимый преобразователем. Чем больше сопротивление источника сигнала (трансформатор, усилитель или другое устройство), тем больше максимальное напряжение на

входном каскаде АЦП и тем сложнее управлять шумом в полосе полезного сигнала. Рассмотрим подробнее, почему так происходит. Если максимальная амплитуда сигнала на входе трансформатора или усилителя уменьшается, то коэффициент усиления необходимо увеличить. К сожалению, это не всегда можно сделать. Например, если уменьшать коэффициент шума за счет увеличения импеданса трансформатора, то приложения с частотой 100 МГц и выше будет очень сложно реализовать.

В случае усилителя возникает аналогичная проблема: при увеличении коэффициента усиления усилитель начинает усиливать не только полезный сигнал, но и свой внутренний шум. Соответственно, на входе АЦП следует ставить заграждающий фильтр более высокого порядка. Однако при этом дополнительные резистивные элементы приведут к увеличению потерь в схеме.

При проектировании входного каскада АЦП рекомендуется использовать другой параметр — спектральную плотность шума, поскольку именно он имеет значение для дискретных сигналов, по нему можно из всех сигналов внутри полосы пропускания выбрать полезные.

Спектральная плотность шума АЦП зависит от целого набора параметров: тепловой шум, джиттер, шум квантования, отношение сигнал-шум на заданной полосе. Значение сигнал-шум, указанное в документации, определяет наименьший шаг квантования (МЗР — младший значащий разряд). Для N-разрядного АЦП:

$$С/Ш = 20 \cdot \lg\frac{V_{сиг}}{V_{ш}},$$

$$V_{МЗР} = \frac{V_{ПШ}}{2^N}.$$

Отсюда $$V_{ш} = V_{сиг} \cdot 10^{-с/ш/20}.$$

Для 16-разрядного АЦП с частотой выборки 80 МГц, отношением сигнал-шум 80 дБ и входным напряжением 2 Vpp среднеквадратичное напряжение шума $V_{ш}$ = 70,7мкВ, а $V_{МЗР}$ = 10,8 мкВ.

Перейдем к расчету теплового шума резистора: $V_{т.ш} = \sqrt{4kTR\Delta f}$, где Δf — полоса сигнала. Сопротивление 1 кОм добавляет шум 4 нВ на полосе 1 Гц.

Уменьшить коэффициент шума можно за счет увеличения сопротивления и коэффициента усиления входного каскада АЦП. Если на входе АЦП стоит пассивная схема, то уменьшение размаха сигнала в два раза приводит к уменьшению коэффициента шума на 6 дБ.

Если коэффициент усиления входного каскада равен 2, то сопротивление 50 Ом добавит шумовое напряжение 14,4 мкВ, а шум оконечного резистора 200 Ом составит 14,4 мкВ. Общее шумовое напряжение от этих двух источников составляет 20,3 мкВ. Это почти 2 $V_{МЗР}$.

Шум преобразователя много больше шума резистора. Однако чем большее сопротивление и усиление имеет сигнальный тракт, тем хуже отношение сигнал-шум.

Почему во многих современных АЦП полоса пропускания значительно превосходит частоту дискретизации? По теореме Котельникова-Шеннона частота сигнала равна половине частоты дискретизации. Можно ли снизить потребление за счет уменьшения полосы пропускания входных каскадов?

Действительно, полоса пропускания современных АЦП зачастую намного превышает частоту дискретизации. Однако это редко влияет на потребление, поскольку входной каскад обычно состоит из схемы выборки на переключающихся конденсаторах. В преобразователях, имеющих входные буферы, потребление усилителей в первом приближении пропорционально полосе пропускания. Однако с развитием технологий полоса пропускания расширяется, а потребление снижается.

Теорема дискретизации гласит, что частота выборки произвольного сигнала должна как минимум в два раза превышать максимальную частоту, содержащуюся в спектре этого сигнала. В противном случае произойдет наложение спектров (см. рис. 1). В то же время слишком низкая частота дискретизации f_s также приведет к аналогичному эффекту, который получил название «недостаточная дискретизация». Как показано на рисунке 2, дискретизованный аналоговый сигнал с частотой fa имеет составляющие на частотах $|\pm kf_s \pm f_a|$, где k = 1, 2, 3…

Раньше входной сигнал в устройствах выборки почти всегда имел полосу от 0 до частоты среза ФНЧ на входе АЦП. В таких системах наложение спектров могло привести к серьезным проблемам. Тем не менее, если диапазон сигнала меньше половины частоты дискретизации, то этот эффект безобиден.

Современные устройства выборки работают на меньших тактовых частотах и с высокочастотными, но сравнительно узкополосными сигналами. Преобразователи для таких систем должны иметь широкую полосу пропускания, но не обязательно высокие тактовые частоты. Можно улучшить разрешение АЦП за счет увеличения частоты дискретизации. Этот прием называется передискретизацией. Если полоса сигнала узка, то независимо от значения частоты можно получить качественный выходной сигнал даже при низкой частоте работы преобразователя.

Кроме того, более высокая частота дискретизации позволяет смягчить

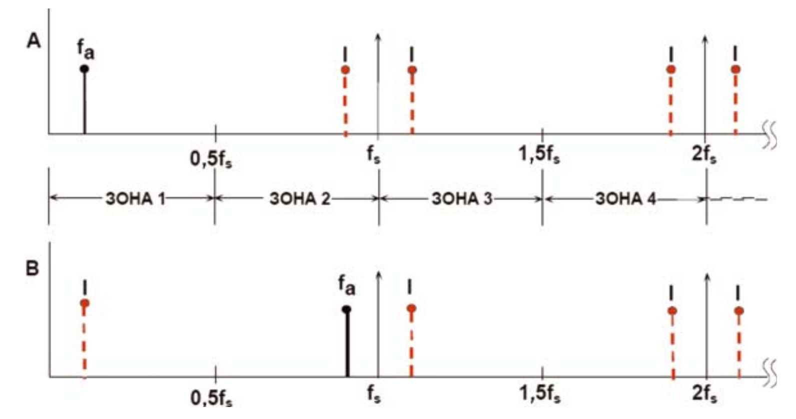


Рис. 2. **Частотные составляющие оцифрованного сигнала**

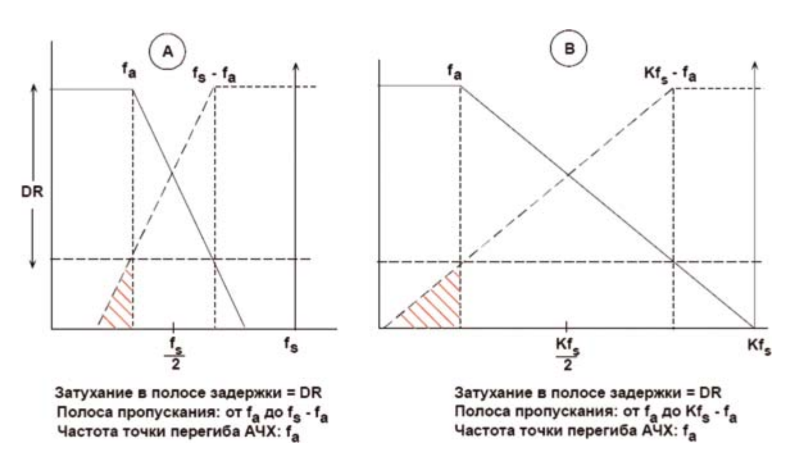


Рис. 3. **АЧХ фильтра в зависимости от полосы сигнала**

требования к крутизне спада АЧХ ФНЧ. Соответственно, можно применять более простой фильтр. На рисунке 3 показан эффект, возникающий при увеличении частоты дискретизации в K раз, в то время как требования к частоте сопряжения (f_a) и к динамическому диапазону DR остаются прежними.

Как правило, сигналы оцифровываются с минимально необходимой частотой дискретизации из соображений экономии, при этом шум квантования имеет одинаковую спектральную плотность мощности во всей полосе. Если же оцифровать сигнал с частотой дискретизации, гораздо большей, чем по теореме Котельникова-Шеннона, а затем подвергнуть цифровой фильтрации для подавления спектра вне частотной полосы исходного сигнала, то отношение сигнал-шум окажется больше, чем при использовании всей полосы. Таким образом, эффективное разрешение АЦП увеличивается. Это явление широко используется в сигма-дельта преобразователях.

Правила расположения быстродействующих АЦП на печатной плате.

Чтобы обеспечить характеристики, прописанные в технической документации, следует соблюдать несколько правил. Во-первых, необходимо решить, следует ли разделять полигоны аналоговой и цифровой земли. Делать это нужно не всегда. В большинстве случаев раздельные шины могут создать больше проблем, поскольку разделение служит только для увеличения паразитной индуктивности. Учитывая, что V = L(di/dt), получаем, что по мере роста индуктивности шумовое напряжение растет. Увеличение тока переключения, которое всегда происходит при повышении частоты дискретизации, также приводит к росту шумового напряжения. Таким образом, земли лучше объединять, если нет причин этого не делать.

Разделять полигоны земли необходимо, например, в случае, когда на плате недостаточно места для разведения элементов или расположение части схемы жестко установлено, чтобы обеспечить совместимость с предыдущими версиями устройства. В этом случае полигоны соединяются в нескольких местах, разнесенных равномерно по слою. Одну из этих точек рекомендуется расположить рядом с АЦП или под ним.

При проектировании полигонов питания следует использовать всю возможную площадь на этих слоях. По возможности не располагать проводники на этих слоях, поскольку дополнительные проводники и переходные отверстия могут испортить полигон питания, разбив его на площадки. В результате разбросанный полигон может ограничить ток там, где он нужен больше всего: на выводах питания АЦП. Между переходными отверстиями и проводниками увеличивается сопротивление, что может вызвать небольшие провалы напряжения на выводах питания АЦП.

Наконец, значение имеет расположение полигонов питания. Не следует допускать наложения цифрового полигона на аналоговый, поскольку между ними может возникнуть паразитная связь, даже если они находятся на разных слоях. Это может привести к ухудшению характеристик устройства.

Например, стек шестислойной платы может иметь следующую структуру: верхний сигнальный слой, первый слой земли, первый слой питания, второй слой питания, второй слой заземления и нижний сигнальный слой. Важно отметить, что первый слой заземления необходимо располагать непосредственно рядом с первым слоем питания, поскольку их разделение хотя бы на 2 или 3 мила приведет к образованию емкостной связи между ними.

Ухудшает ли характеристики АЦП импульсный источник питания?

Действительно, существует такое мнение. Однако попробуем разобраться, насколько оно справедливо.

Источник питания для преобразователя выбирается исходя из следующих параметров: шумовое напряжение, допустимый уровень пульсаций, частота переключения. Типичное среднеквадратичное значение шума для импульсного источника составляет 10 мкВ на полосе 100 кГц. Полагая шум белым, получаем, что эквивалентная плотность шума на интересующей полосе равна 31,6 нВ/$\sqrt{\text{Гц}}$.

Для оценки влияния шума источника питания рассмотрим подавления помех по питанию такой параметр АЦП как коэффициент подавления помех по питанию. Для большинства быстродействующих АЦП он составляет 60 дБ, или 1 мВ/В.

Для 16-разрядного АЦП с входным диапазоном 2 Vpp, отношением сигнал-шум 78 дБ и частотой дискретизации f_s = 125 МГц уровень собственных шумов равен 11,26 нВ/$\sqrt{\text{Гц}}$. Помехи от всех других источников должны быть ниже, чтобы они не влияли на работу преобразователя. В первой зоне Найквиста (на полосе f_s/2) собственный шум АЦП составляет:

$$11{,}26 \cdot \sqrt{\frac{125\text{МГц}}{2}} = 89{,}02 \text{ мкВ.}$$

Шум источника питания почти в два с половиной раза превосходит собственный шум АЦП, однако схема подавления помех по питанию уменьшает его



до 31,6 пВ/$\sqrt{\text{Гц}}$. Соответственно, шум импульсного источника не влияет на работу преобразователя.

Важное значение имеет заземление источника питания, его расположение на плате и параметры выходного фильтра. Уменьшить шумовое напряжение на выводах АЦП можно с помощью конденсаторов 0,1 мкФ. В качестве фильтра можно применять как простую LC-цепь, так и более сложные многокаскадные схемы, чтобы подавить шум ИП еще больше. Каждый каскад подавляет шумы с коэффициентом примерно 20 дБ на декаду. Близкое расположение полигонов земли и питания (на расстоянии менее 4 мил) обеспечит развязку на высоких частотах. Наконец, физическое расположение элементов может существенно повлиять на характеристики устройства. Например, чувствительные аналоговые схемы лучше располагать как можно дальше от цифровых.

Нужно ли рассматривать работу в высокочастотной области, если АЦП имеет невысокое быстродействие?

«Постоянный» сигнал на входе АЦП не всегда свободен от частотных составляющих из-за того, что к аналоговым входам большинства преобразователей подключены конденсаторы. Иногда сигнал перед оцифровкой проходит через усилительные буферные каскады, однако чаще этого не происходит, и на входах АЦП возникают быстрые переходные процессы. Частота следования импульсов тока переходного процесса может совпадать с частотой дискретизации, но в некоторых случаях она намного превышает тактовую частоту АЦП. Если АЦП не выдерживает такие резкие перепады, то появляется серьезный риск появления нелинейности вплоть до потери работоспособности.

Проблему можно решить двумя способами. Самый простой — поставить конденсатор между входом АЦП и землей. В этом случае ток установления пойдет через конденсатор, а не в схему управления АЦП. Недостаток данного подхода заключается в возможном уменьшении частотного отклика схемы. Важно удостовериться, что схема управления на входе АЦП при добавлении емкостной нагрузки остается стабильной, а полоса пропускания не уменьшается. Второй способ — защитить схему управления от перепадов. В этом случае необходимо убедиться, что усилитель или другое управляющее устройство выдерживает быстрые переходные токи на всем входном динамическом диапазоне, поскольку амплитуда импульсов может сильно меняться в зависимости от амплитуды входного сигнала.

Заметим, что схема опорного напряжения АЦП имеет такую же структуру, что и аналоговый вход. Соответственно, на выводе Vref также могут возникать переходные процессы, защиту от которых можно обеспечить рассмотренными выше способами.

Можно ли объединять выводы аналоговой и цифровой земли АЦП?

Это единственный безопасный способ соединять АЦП или ЦАП с раздельными полигонами аналоговой и цифровой земли.

Цифровая земля — это часть системной шины земли, по которой проходят токи земли цифровой части схемы. В преобразователе DGND — это вывод, по которому идет ток потребления из цифровой схемы преобразователя и обратный ток из цифрового интерфейса. Это не одно и то же. Оптимальное подключение вывода DGND преобразователя — к выводу AGND внутри корпуса. Это позволит снизить емкостные перекрестные помехи между двумя шинами земли на кристалле и, следовательно, на выходе преобразователя. По возможности лучше делать единую внутреннюю шину. Препятствием для объединения аналоговой и цифровой земли может послужить падение напряжения на выводе DGND.

ЛИТЕРАТУРА

1. RARELY ASKED QUESTIONS//www.analog.com/en/content/RAQ.

Новая серия цифровых осциллографов GW Instek GDS-73000

Серия осциллографов **GDS-73000** состоит из 6 моделей (2 или 4 канала) с полосами пропускания 150 МГц/250 МГц/350 МГц, высокой скоростью сбора информации — до 5 Гвыб/с. Ряд новшеств и инноваций, внедренных в новую серию осциллографов, призван помочь инженерам в разработке, тестировании и производстве различных цифровых устройств. Широкое применение осциллографов GW Instek обусловлено использованием самой современной элементной базы, качественной реализацией новых технических решений, надежностью в сочетании с их доступной ценой.

Обработка сигнала осуществляется с применением новой технологии аналогового послесвечения VPO для визуализации в режиме аналогового осциллографа (скорость обновления экрана 3000 раз в секунду). Благодаря этому динамично меняющийся сигнал будет выглядеть чистым, как на аналоговом осциллографе. Отображение производится на большом контрастном TFT-дисплее с диагональю 20 см (800×600 точек).

Внедрено еще одно уникальное решение — разделение экрана на несколько областей с независимыми настройками для отображения осциллограмм. Дисплей позволяет вывести отображение интересующего сигнала (канала/функции математики) в отдельном окне. Таким образом можно одновременно наблюдать и исследовать до 4 независимых сигналов.

Новая серия GDS-73000 имеет широкий набор видов синхронизации, включая запуск по фронту, по длительности импульса, по ранту, ТВ (видео), одновременную синхронизацию по переднему и заднему фронту сигнала, задержку по времени и событию, удержание сигнала. Такие возможности запуска наряду с высокой частотой дискретизации делают осциллографы этой серии мощным инструментом для устойчивого захвата и отображения сигналов различных типов.

Использование функции автоподстройки (по уровню сигнала и частоте) позволяет осциллографу автоматически перестраивать масштаб по вертикали или горизонтали, удерживая отображаемый сигнал в пределах экрана при динамическом изменении его параметров. Функция полезна для быстрого и корректного отображения сигнала без необходимости ручной регулировки, особенно в тех случаях, когда требуется проверка большого количества контрольных точек в тракте с различными типами сигналов.

Осциллографы серии GDS-73000 обеспечивают возможность 28 автоматических измерений. Автоизмерения сгруппированы по трем типам: амплитудные, временные и измерения задержки. На основной экран можно одновременно вывести до 8 измеренных параметров или же отобразить все измерения в табличном виде в одном окне.

Пользователь может выбрать один из трех номиналов входного сопротивления осциллографа: 1 МОм, 75 Ом и 50 Ом. Такая особенность расширяет возможности осциллографов по согласованию с измерительным трактом для различных радио- и телекоммуникационных приложений. При выборе 75 Ом/50 Ом $U_{вх}$ ограничено значением 5 Вскз. В случае превышения на входе этого порога срабатывает реле, и осциллограф автоматически отключает канал для защиты входных цепей от перегрузки.

Опциональное приложение «**Анализ данных последовательной передачи**» превращает осциллограф в анализатор смешанных сигналов. У пользователя появляется возможность синхронизации и декодирования по шинам UART, I^2C и SPI, сохранения данных, которые представляются в таблице в двоичном или шестнадцатеричном виде. Для этого используются специальные настройки синхронизации, характерные для каждого из протоколов.

Опциональное программное обеспечение «**Анализ электроэнергии**» содержит 4 измерительных функции, включая измерение параметров качества электрической энергии, анализ гармоник, измерение пульсаций и пускового тока. Функция измерения параметров качества электроэнергии позволяет измерять напряжение, ток, частоту, мощность, фазовый сдвиг, пик-фактор и прочие параметры источника. Функция анализа гармоник выполняет оценку искажения формы сигнала питающей сети и предоставляет гармонические данные тестирования источника питания. Функция пульсации позволяет измерить такой важнейший показатель для источников постоянного тока как уровень пульсаций и шума. Режим пускового тока используется для измерения скачка тока, который может нанести ущерб при включении питания.

В новой серии имеется полный набор стандартных интерфейсов управления и передачи данных — USB 2.0, RS232 и LAN. Помимо этого имеется интерфейс SVGA для подключения монитора или проектора, а также служебные интерфейсы допускового контроля, выхода сигнала синхронизации, линейный аудио-выход и разъем для проведения калибровки канала вертикального отклонения. Еще одна дополнительная опция — интерфейс GPIB в виде кабеля-адаптера, подключаемого к USB.

Новая серия цифровых осциллографов GDS-73000 предназначена в основном для исследования и глубокого анализа сигналов современных радиоэлектронных устройств. Отладка и анализ при проектировании цифровых схем и систем предъявляют высокие требования к осциллографам. Протестировать высокоскоростной сигнал, отследить кратковременные всплески и аномалии в сигнале, быстро определить неисправность в схеме, протестировать дискретный сигнал с микроконтроллеров, установить взаимосвязь цифрового и аналогового сигналов, точно измерить параметры и одновременно наблюдать сигналы с различных каналов — все это доступно для новых осциллографов GW Instek.

Полоса пропускания до 350 МГц, высокая скорость сбора данных в реальном времени, надежность приборов, наряду с относительно невысокой стоимостью делают приобретение осциллографов серии GW Instek GDS-73000 экономически целесообразным.

Новые компоненты на российском рынке

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



Самый компактный в мире 5-диапазонный модуль 3,75G от компании Telit

Компания Telit Wireless Solutions представила самый компактный в мире 5-диапазонный модуль HE910. Этот универсальный компонент можно использовать в 3G-сетях по всему миру без локализации. Корпус LGA площадью всего 795 мм^2 идеально подходит для компактных устройств — электронных книг или КПК, использующих приложения с большим объемом данных (мультимедиа и др.)

В 3G-режиме HE910 поддерживает все пять существующих частотных диапазонов: 850/900/1700/1900/2100 МГц. Кроме того, 4-диапазонный GPRS и EDGE класса 33 обеспечивает повсеместный охват сети 2G.

Размер корпуса LGA составляет 28,2 x 28,2 x 2,6мм, что обеспечивает чрезвычайную компактность интегрированных решений. Это позволяет уменьшить вес и требуемое пространство. Помимо миниатюрных размеров, у модулей в корпусе LGA есть и другие преимущества — они идеально подходят для автоматизированной сборки на стандартном оборудовании для поверхностного монтажа и обладают повышенной прочностью к механическим ударам.

При скорости передачи данных HSDPA в 14,4 Мбит/с (Категория 10) и HSUPA в 5,7 Мбит/с (Категория 6), HE910 особенно подходит для устройств с высокой пропускной способностью, таких как мобильные устройства, автомобильные телематические системы, КПК, электронные книги, планшетные компьютеры и вся потребительская электроника.

Конструктивным особенностями семейства продуктов HE910 является высокоскоростной порт последовательного ввода-вывода данных (MIPI HSI) и разнесение приема и передачи. Факультативно модуль может быть дополнен встроенным высокочувствительным A-GPS-функционалом для определения координат объекта в закрытых помещениях и S-GPS для передачи информации и голоса.

Telit Wireless Solutions
www.telit.com
Дополнительная информация:
см. Telit Wireless Solutions

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

DC/DC-преобразователи на 2, 3 и 6 Вт с изоляцией 500 В от Aimtec

Компания Aimtec расширила линейку DC/DC-преобразователей тремя новыми сериями с изоляцией вход-выход 500 В AC, рабочим диапазоном температур –40…60°С (полная мощность) и полным отсутствием танталовых конденсаторов в схеме.



AM2Q-Z	AM3Q-Z	AM6Q-Z
28 × 18 × 7 мм	35 × 23 × 7 мм	45 × 28 × 7 мм

Все серии преобразователей работают со входными диапазонами напряжения: 4,5…9 В DC; 9…18 В DC; 18…36 В DC и 36…75 В DC, с выходными напряжениями ±12 или ±15 В DC и отличаются выходной мощностью и габаритными размерами.

Заказать опытные образцы для оценки возможности применения новых преобразователей в Вашей аппаратуре можно в любом из офисов компании «Элтех». Подробную техническую информацию о новых преобразователях Aimtec можно найти на сайте компании http://www.aimtec.com или обратившись в ООО «Элтех» (официальный дистрибьютор компании Aimtec).

Aimtec Inc.
www.aimtec.com
Дополнительная информация:
см. «Элтех», ООО

КВАРЦЕВЫЕ ПРИБОРЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ



Новые прецизионные термокомпенсированные кварцевые генераторы от ОАО «Морион»

ОАО «Морион» (Санкт-Петербург) представляет качественно новые прецизионные термокомпенсированные кварцевые генераторы. Ключевой особенностью приборов данной группы является сочетание следующих характеристик.

– Стабильность частоты на уровне термостатированного генератора (~10^{-7}).

– Малое значение потребляемой мощности — как после включения генератора, так и в установившемся режиме (около 100 мВт).

– Малое время стабилизации частоты после включения (около 2…3 с).

– Низкий уровень фазовых шумов.

В настоящее время планируется серийный выпуск двух базовых моделей указанных прецизионных термокомпенсированных генераторов: ГК202-ТК и ГК203-ТК.

ГК202-ТК имеет номинальную частоту 12,8 МГц, выходной сигнал SIN и напряжение питания 5 В. Прибор обеспечивает температурную стабильность частоты до $1,5\times10^{-7}$ в широком интервале рабочих температур и долговременную стабильность частоты до $1,5\times10^{-7}$ за год. Генератор выполнен в стандартном корпусе с размерами 36×27×12,7 мм.

В свою очередь ГК203-ТК имеет номинальную частоту 10 МГц и напряжение питания 12 В. Выходной сигнал также имеет синусоидальную форму. Прибор характеризуется еще более высокой стабильностью частоты — до 5×10^{-8} при изменении рабочей температуры в широком диапазоне и до $1,5\times10^{-7}$ долговременной за год.

ГК203-ТК имеет аналогичные ГК202-ТК габаритно-присоединительные размеры, однако при этом имеет очень перспективное исполнение с высотой 10 мм.

Сочетание высокого уровня температурной и долговременной стабильности частоты с низким уровнем потребления и почти мгновенной готовностью к работе делают генераторы ГК202-ТК и ГК203-ТК очень эффективным решением для многих применений, в частности, в различных системах мобильной радиосвязи.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте ОАО «Морион» www.morion.com.ru.

ОАО «Морион»
www.morion.com.ru
Дополнительная информация:
см. «Морион», ОАО

Недорогие 8-разрядные PIC-микроконтроллеры с драйвером LCD и технологией eXtreme Low Power от Microchip

Компания Microchip анонсирует расширение своих 8-разрядных микроконтроллеров с драйвером сегментных LCD пятью новыми микроконтроллерами, которые сочетают низкую цену и наименьшее в отрасли энергопотребление. Микроконтроллеры PIC16LF190x позволяют управлять LCD в бюджетных приложениях, таких как смарт карты, медицинские приборы, приборы домашней автоматизации и учета ресурсов, брелоки сигнализаций и других устройствах с сегментными LCD. Микроконтроллеры выполнены по технологии eXtreme Low Power (XLP), которая обеспечивает ток потребления в режиме энергосбережения на уровне до 20 нА и ток потребления в активном режиме до 35мкА/МГц, что позволяет увеличить срок работы устройств с батарейным питанием.



Контроллеры семейства PIC16LF190x имеют улучшенную архитектуру среднего семейства (Enhanced Mid-range) и сбалансированный, оптимизированный под недорогие приборы набор периферии. Новые контроллеры содержат до 14-Кб флэш-память программ, до 512-байт RAM, до 14-и каналов 10-разрядного АЦП, а так же последовательные интерфейсы и драйвер LCD (до 116 сегментов). Контроллеры выполнены по технологии XLP, которая обеспечивает низкое энергопотребление, имеют встроенный датчик температуры, что позволяет осуществлять температурную коррекцию часов реального времени (RTCC), малопотребляющие часы реального времени, возможность измерения напряжения питания с помощью АЦП и источник фиксированного напряжения для детектирования разряда батареи.

Оценка контроллеров серии PIC16LF190x может быть выполнена с помощью отладочного комплекта F1 Evaluation Kit (номер для заказа DM164132), и F1 Evaluation Platform (DM164130-1), а также с помощью внутрисхемного отладчика PICkit™ 3 (PG164130).

Микроконтроллеры PIC16LF190x доступны в корпусах от 28-и до 44-х выводов.

Microchip Technology
www.microchip.com
Дополнительная информация:
см. Microchip Technology

Открытая интегрированная среда разработки для Linux, Mac OS и Windows от Microchip

Компания Microchip представила новое кроссплатформенное средство разработки с открытым кодом для Linux, Mac OS и Windows — MPLAB X. MPLAB X — современная платформа разработчика, включающая такие функции, как поддержка нескольких проектов и отладочных средств с параллельной отладкой, удобный редактор кода с автозаполнением, графы вызовов функций. MPLAB X является общей средой для работы со всеми 8-, 16- и 32-разрядными микроконтроллерами Microchip PIC, в т.ч. dsPIC, а также микросхемами памяти.

Сочетание многофункционального средства MPLAB X и высокопроизводительных взаимозаменяемых PIC-микроконтроллеров дает современным разработчикам универсальную гибкую платформу для построения многих встраиваемых систем. Поддержка всех семейств PIC МК, а также работа с современными отладочными средствами от Microchip и сторонних производителей, делает MPLAB X средой нового поколения, работающей и со старыми проектами. Общий графический интерфейс для отладочных средств поддерживает, в числе прочих, ICD3 и PICkitTM 3.



Новый инструмент MPLAB X основан на ядре NetBeans (открытая платформа, поддерживаемая Oracle), который активно поддержан пользовательским сообществом и работает с широким набором дополнительных подключаемых модулей. Разработчики на Microchip теперь также имеют возможность пользования бесплатными программными компонентами и настройками среды разработки MPLAB X под свои нужды.

Дополнительные возможности среды MPLAB X:
- импорт проектов MPLAB предыдущих версий;
- автозаполнение и контекстные подсказки в редакторе кода;
- настраиваемое окно Watch;
- поддержка нескольких версий компиляторов;
- совместное ведение проектов, контроль версий.

Microchip Technology
www.microchip.com
Дополнительная информация:
см. Microchip Technology

Microchip Technology
Тел.: (812) 325-5115
sale@gamma.spb.ru
www.microchip.com

«Морион», ОАО
199155, С.-Петербург, пр. Кима, д. 13а
Тел.: +7 (812) 350-75-72, +7 (812) 350-9243
Факс: +7 (812) 350-72-90, +7 (812) 350-1559
sale@morion.com.ru
www.morion.com.ru

«Элтех», ООО
198035, С.- Петербург, ул. Двинская, 10, к. 6А
Тел.: +7 (812) 635-50-60
Факс: +7 (812) 635-50-70
info@eltech.spb.ru
www.eltech.spb.ru

Telit Wireless Solutions
196601, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Красной Звезды, 27
Тел.: +7 911 7240893